UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA

Corso di Laurea in
Tecniche della Prevenzione nell'Ambiente
e nei Luoghi di Lavoro

SISTEMI INNOVATIVI DI COSTRUZIONE CON GRANDE EFFICACIA NELLA PRODUTTIVITA': VANTAGGI E SVANTAGGI IN SICUREZZA

RELATORE: Dott.sa Calogera CAMPO

CORRELATORI: Tecnico della Prevenzione Dott. Attilio GIOMETTI

Tecnico della Prevenzione Geom. Sergio BERTANI

Tesi di laurea di
BATTISTESSA MARTINA GIUSEPPINA
Matricola 780347

Anno accademico 2012 / 2013

RINGRAZIAMENTI

Un sentito ringraziamento alla carissima Dott.sa Campo Lidia, Tecnico della Prevenzione e docente del corso di laurea ed ai Tecnici della Prevenzione Dott. Attilio Giometti e Geom. Sergio Bertani per la loro disponibilità, l'infinita pazienza, i preziosi consigli ed il tempo dedicatomi, sia nel periodo di tesi che nei precedenti mesi di tirocinio.

Un grande grazie all'impresa Colombo Costruzioni Spa, in particolare nella persona del capocantiere del cantiere Torre Isozaki, Geom. Caldera e del Dott. Bonomi, per avermi accolta presso il cantiere e avermi dato la possibilità di arricchire le mie conoscenze osservando sul campo le diverse fasi si realizzazione della Torre e chiarendo tutti i miei dubbi.

Grazie a tutto il personale in servizio presso l'UOPSAL Terr. 2 dell'Asl di Milano, Piazzale Accursio, per avermi ospitata in questi mesi ed insegnato l'importanza della collaborazione e del confronto, doti indispensabili di un buon Tecnico della Prevenzione.

Grazie ai miei compagni di corso, o meglio, d'avventura, per avere condiviso con me questo percorso e avermi fatto trascorrere tre anni indimenticabili tra pomeriggi di studio e serate di risate.

Grazie alle mie coinquiline per avermi supportato e soprattutto sopportato durante la permanenza a Milano.

In ultimo, ma certamente non per importanza, un grazie di cuore alla mia famiglia che ha sempre creduto in me offrendomi la possibilità di arrivare fino a qui e mi ha insegnato ad affrontare le sfide e le difficoltà, nello studio così come nella vita. Grazie per aver condiviso con me le vittorie e le sconfitte e avermi sempre spronato ad andare avanti a testa alta, ma con i piedi sempre ben saldi a terra.

Grazie di cuore a tutti.

INDICE

PREMESSA 5
Obiettivo della tesi 7

1. INTRODUZIONE ALL'OPERA 9
1.1 Il contesto City Life 11
2. LA TORRE COMMERCIALE "A" 13
2.1 La struttura /edificio 16
2.1.1 La piastra 20
2.1.2 Il Podium 21
2.2 Gli interventi costruttivi 22
2.2.1 I lavori di scavo e fondazione 22
2.2.2 I solai 23
2.2.3 I nodi di circolazione verticale: cores e vani ascensori panoramici 26
2.2.4 I pilastri 28
2.2.5 La cintura e i puntoni 29
2.3 L'appalto e le imprese 31
3. PRESUPPOSTI TEORICI 34
3.1 L'esclusione del sistema di ripresa tradizionale.....35
3.1.1 Analisi delle tipologie di infortunio più frequenti nell'edilizia tradizionale 43
3.2 Introduzione alle casseforme a ripresa autosollevanti con meccanismi idraulici 45
3.3 Criteri condizionanti la scelta 48
3.3.1 L'utilizzo in avanzamento 49
3.3.2 L'utilizzo in parallelo 51
4. IL SISTEMA DI CASSAFORMA A RIPRESA AUTOSOLLEVANTE.....54
4.1 Il progetto del sistema di ripresa presentato dalla società fornitrice 57
4.1.1 Descrizione del ciclo d'impiego e delle fasi operative 64
4.2 Progressiva riduzione del rischio residuo 71
4.2.1 Modifiche in fase progettuale 71

4.2.2 Modifiche in fase avanzata 73
4.3 Esigenza di personale idoneo e specializzato 74
4.3.1 Informazione – formazione – addestramento 74
4.3.2 La checklist di verifica e controllo.....77
5. RIFERIMENTI NORMATIVI 80
5.1 Il Decreto Legislativo 81/08: Titolo IV 80
5.1.1 Obblighi del datore di lavoro dell'impresa affidataria 81
5.1.2 I documenti di cantiere 82
5.2 Nota interregionale casseforme rampanti 89
5.3 Direttiva 2006 / 42 CE 91
6. MATERIALI E METODI 94
6.1 L'attività preliminare di analisi del contesto e del sistema di costruzione 94
6.2 Il sopralluogo 95
6.3 Il focus group 96
6.4 Analisi dei dati di contesto e controllo dell'andamento infortunistico 97
7. RISULTATI 99
7.1 Riepilogo infortuni occorsi nel cantiere Torre TcA.....99
7.2 Ridotta esposizione al rischio di caduta dall'alto e al rischio dovuto alla movimentazione di carichi sospesi 101
7.3 Continuo incremento della sicurezza degli operatori nel cantiere Torre TcA 104
7.4 Ricerca dei possibili svantaggi dell'utilizzo del sistema di ripresa autosollevante.....111
8. CONCLUSIONI 114
8.1 Ridotta esposizione ad alcuni rischi tipici dell'edilizia tradizionale.....114
8.2 Produzione: tempi e costi 115
8.3 Sodalizio produttività / sicurezza 116

ALLEGATI.....117
BIBLIOGRAFIA.....119
SITOGRAFIA 120

PREMESSA

Già a partire dal secondo dopoguerra, con la ripresa del settore edilizio, vi è stata una forte spinta verso l'industrializzazione della produzione edilizia in cantiere, la meccanizzazione e la razionalizzazione dei procedimenti costruttivi. Sono state proprio le Regioni del Nord, in particolare l'area lombarda, veneta e dell'Emilia Romagna ad imprimere una forte accelerazione a tale processo: studi, ricerche, analisi dei fattori produttivi, si sviluppano con l'obiettivo di migliorare la produttività del settore dell'edilizia e consentire maggiori rapidità costruttive e quindi maggiori economie di scala.

Nonostante queste spinte verso l'industrializzazione e la contenuta applicazione di sistemi costruttivi innovativi ed avanzati, fino agli anni Ottanta continua a prevalere in Italia un'edilizia di stampo tradizionale. Successivamente si iniziano ad utilizzare nuove metodologie costruttive nelle opere civili e nell'edilizia per il terziario, tipologie di manufatti che, per le caratteristiche dimensionali e le forme, richiedono tuttora l'utilizzo di specifici sistemi di costruzione e metodologie performanti.

La ricerca di contrarre i tempi di realizzazione dei cicli di costruzione e razionalizzare le risorse attraverso l'aumento dell'efficienza della forza lavoro, diminuendo così i costi della manodopera, ha condotto all'uso di nuovi sistemi di attrezzature sempre più complessi, al passo dell'evoluzione scientifica e tecnologica. L'aumento della produttività con l'abbattimento dei tempi di realizzazione e dei costi di produzione non deve però andare a discapito del prodotto finale, quindi della durabilità e della resistenza strutturale dell'opera, ma soprattutto non deve gravare sulla sicurezza dei lavoratori.

Gli infortuni nel settore delle costruzioni costituiscono una percentuale ingente degli infortuni totali occorsi sul luogo di lavoro; infatti il comparto dell'edilizia, unitamente a quelli della lavorazione del legno, dei metalli e dell'agricoltura, sono risultati i settori lavorativi che hanno il più alto indice di frequenza, ossia dove si verificano il maggior numero di eventi infortunistici, in rapporto alle ore totali lavorate. Tale constatazione sottolinea come il settore delle costruzioni necessiti di una particolare attenzione in fase di valutazione dei rischi: chi opera nel settore della prevenzione, in edilizia così come in ogni altra attività lavorativa, ha quale obiettivo

il raggiungimento del massimo livello di sicurezza possibile in relazione alle conoscenze e ai mezzi disponibili nel momento storico al quale appartiene.

Con la progressiva valutazione e riduzione dei rischi residui si raggiunge un livello di rischio "accettabile", al quale corrisponde un preciso valore di rischio sufficientemente piccolo da ritenersi trascurabile e quindi socialmente accettabile.

La complessa crisi economica che sta attraversando l'Europa in questo decennio ha interessato anche il settore dell'edilizia. La difficoltà di reperire finanziamenti per la costruzione, i lunghi tempi di realizzazione, la richiesta del mercato di cicli di costruzione sempre più compattati (specialmente per quanto riguarda gli edifici a destinazione commerciale), tempi di pagamento molto lunghi, soprattutto da parte delle Pubbliche Amministrazioni, hanno portato ad un elevato e generalizzato stato di sofferenza le imprese del settore. Inoltre sta aumentando il ricorso all'utilizzo di manodopera extracomunitaria, favorita da un minor costo del lavoro e che quindi risulta concorrenziale sul mercato, a volte a discapito di professionalità e di competenza.

Questo stato di crisi non può però sfociare in un abbassamento dello standard di sicurezza faticosamente raggiunto fino a questo momento e sicuramente migliorabile.

Per tutte queste ragioni è necessario diffondere la "cultura della sicurezza" nel mondo del lavoro, che non consista solo nell'attività di vigilanza da parte degli organi preposti, ma che si basi sull'acquisizione di attitudini e comportamenti atti alla promozione della salute e della sicurezza nell'ambiente e nei luoghi di lavoro.

Prendendo quale riferimento il panorama milanese, si può osservare come da un decennio a questa parte, con la dismissione di aree industriali e il loro recupero dopo periodi di abbandono, il tessuto della città stia cambiando; tutta la zona a ridosso del centro città dove erano localizzate le grosse industrie (si pensi a Pirelli, Ansaldo, Breda, Alfa Romeo, PPG, Corriere della Sera, Fiera Campionaria, Centrale del latte, Montedison, ecc …) ha subito e sta subendo una conversione da "industria" a commerciale e civile. Sono sorti nuovi quartieri, si veda ad esempio la zona Bicocca con il polo universitario, il Polo del Politecnico in Bovisa, Santa Giulia, ecc … e molte altre zone industriali sono in via di riconversione. Si sta ridisegnando una nuova Milano, anche in previsione dell'evento EXPO 2015, ormai imminente, che

porterà alla conclusione dei lavori della MM5 e probabilmente di un tratto della MM4.

Obiettivo della tesi

L'elaborato finale di tesi si propone di giustificare quanto affermato nel titolo dello stesso, quindi vuole invitarci a riflettere sui sistemi innovativi di costruzione, in particolar modo quelli applicati al settore edile quali ad esempio le casseforme a ripresa autosollevanti tramite meccanismi idraulici, anche note come "casseri auto rampanti". La ricerca di contrarre i tempi del ciclo di costruzione e aumentare l'efficienza e la prestazione dei procedimenti e dei metodi costruttivi, ottimizzando le risorse a disposizione, diminuendo quindi anche i costi legati alla manodopera, ha condotto all'uso di nuovi sistemi e attrezzature sempre più complessi che, aumentando la produttività con l'abbattimento di tempi e costi di produzione edilizia, garantiscano elevati livelli di sicurezza dei lavoratori.

In sintesi, ponendo l'attenzione sull'utilizzo di nuove tecnologie di costruzione, studiandone le componenti principali e le modalità di utilizzo, si vuole capire se, oltre ai vantaggi in termini economici di produttività (tempi e costi), oggettivamente dimostrabile, vi sia un parallelo incremento della sicurezza dei lavoratori, quindi l'ottenimento di performance prestazionali senza innestare azioni a discapito della sicurezza dei lavoratori.

In realtà, l'utilizzo di un sistema innovativo all'interno di un cantiere edile di opere a grande sviluppo verticale, quale quello per la costruzione di pareti in calcestruzzo armato con casseforme a ripresa auto sollevanti, in virtù di una presenza limitata degli operatori e di un minor utilizzo della gru rispetto ai cantieri che operano con metodi tradizionali, potrebbe portare a una riduzione del rischio, basandosi altresì su operazioni standardizzate da procedure specifiche, ripetute quotidianamente nei diversi interventi sul manufatto. Per poter comprendere se effettivamente l'utilizzo delle casseforme a ripresa autosollevanti, scelte per le loro proprietà prestazionali in termini di efficienza ed efficacia, porti a un miglioramento del livello di sicurezza degli operatori, riducendo progressivamente i rischi presenti, è stato scelto quale

oggetto di studio il cantiere di costruzione della Torre A (Isozaki, di seguito indicata come “TcA”) di City Life, nuovo polo urbano che sta sorgendo nell’ex area di Fiera Milano. La torre, che nel 2015 raggiungerà la sua altezza massima di 202,7 metri, è destinata a diventare il secondo grattacielo più alto di Milano, dopo la torre Pelli di Porta Nuova Garibaldi (Unicredit), la cui altezza massima di 231 m è però conferitale dalla guglia metallica. Un intervento eccezionale quale è la costruzione di un grattacielo, richiede un’attenta progettazione del cantiere, uno studio approfondito dell’impiego delle attrezzature e una fattiva collaborazione tra l’impresa affidataria incaricata della realizzazione del progetto e i partners (fornitori delle macchine e attrezzature, imprese esecutrici, coordinamento,ecc..). La scelta dell’impresa affidataria (Colombo Costruzioni Spa) di utilizzare le casseforme a ripresa auto sollevanti per la costruzione dell’opera è scaturita da un’attenta analisi della tipologia di edificio da realizzare, cioè forma, consistenza e altezza, del contesto e dello spazio in cui realizzare l’intervento, nonché da una valutazione di costi / benefici, sia dal punto di vista dell’efficacia produttiva che della sicurezza: se il sistema obbliga ad un’ingente investimento economico iniziale e prevede inoltre la necessità di una dettagliata pianificazione operativa nella fase di progettazione, assemblaggio, installazione e messa in uso del sistema, d’altra parte, una volta a regime il ciclo di costruzione, la produzione assume un ritmo regolare e standardizzato che consente, nel cantiere Torre Isozaki, l’avanzamento di un piano a settimana e il mantenimento di un elevato standard di sicurezza.

1. INTRODUZIONE ALL' OPERA

Il cantiere preso in esame nel presente elaborato di tesi è quello della "Torre TcA Isozaki". Trattasi di un cantiere inserito in un complesso contesto di riqualificazione di un quartiere storico della città, nello specifico dell'ex area Fiera Campionaria di Milano, dove in un arco temporale ristretto si è assistito alla dismissione dei padiglioni della fiera, alla loro successiva demolizione previa bonifica da materiali contenti amianto e fibre artificiali vetrose, quindi alla successiva attività di costruzione, dopo aver concluso le attività di scavo e di bonifica dei terreni.

L'area di intervento è stata acquistata dalla committenza nel 2006; le demolizioni sono state effettuate nell'anno 2008, mentre nel 2009 si è assistito all'avvio dei primi cantieri del lotto residenziale a sud. La costruzione di questo nuovo polo urbano "City Life" è stata commissionata dall'omonima società, costituita da imprenditori privati, che ha vinto la gara d'appalto promossa dal Comune di Milano proponendo un grande piano di intervento di riqualificazione urbana che prevede nuovi edifici, parte destinati ad abitazione e parte ad attività terziarie, nuove aree verdi, punti di ristoro e aggregazione, parcheggi e, non da ultimo, la fermata "Tre torri" della metropolitana automatica linea lilla Garibaldi – San Siro (il cui cantiere di realizzazione è però distinto da quello di City Life).

Figura 1: vista dall'alto del lotto di intervento, in rosso l'area di intervento di City Life.

Il grattacielo Isozaki rientra in un insieme di opere facenti capo ad un progetto articolato in più cantieri connessi tra di loro. Il progetto complessivo dell'area è scaturito dalla collaborazione tra architetti di fama mondiale, Isozaki, Hadid e Libeskind, che hanno progettato le omonime torri e residenze per conto della committenza (City Life). Arata Isozaki è un architetto giapponese di fama mondiale, nel 1986 ha vinto la medaglia d'oro del RIBA (Royal Institute of Britsh Architects), in Italia un suo progetto ha vinto la gara internazionale per la nuova uscita monumentale degli Uffizi a Firenze e ha inoltre realizzato il Palasport olimpico di Torino, che ha ospitato le gare di hockey sul ghiaccio nelle olimpiadi del 2006. Dal 2005 ha aperto insieme ad Andrea Maffei, suo socio italiano, uno studio a Milano per sviluppare nuovi progetti in Italia, disegnando la Torre commerciale A di City Life, "il Dritto", vincendo il concorso promosso dalla società committente per la progettazione dell'opera che è in fase di realizzazione.

1.1. Il contesto City Life

Il Piano Integrato di Intervento (PII) per la realizzazione del nuovo polo urbano, volto a modificare lo skyline milanese, è stato presentato già nel 2004, quando l'area era ancora di proprietà della Fondazione Fiera. Dopo essere stato pubblicato, aver conseguito il giudizio positivo di compatibilità ambientale con prescrizioni ed essere stato approvato dalla Giunta Comunale nel Dicembre 2005, il piano di caratterizzazione relativo all'area è stato presentato in Regione ottenendo giudizio positivo (Novembre 2006). Successivamente a tale decisione è stata sottoscritta la convenzione attuativa tra City Life e il Comune di Milano. La stessa City Life, l'anno successivo (2007), ha presentato una variante urbanistica del PII, rispondendo a richieste avanzate in merito dal Comune di Milano. Il giorno 9 Ottobre 2008 la Giunta Comunale di Milano ha approvato la definitiva variante del PII e la committenza, a partire da tale data, ha ottenuto la facoltà di indire la gara di appalto.

La zona di intervento City Life si trova nell'area della vecchia fiera campionaria, nel centro di Milano, inserita nel tessuto urbano comunale. L'area del Quartiere Storico di Fiera Milano è un grande quadrangolo pianeggiante che misura circa 600 x 540 m di lato, dove circa 1/5 di esso è a disposizione della Fiera mentre la restante area, dopo essere stata dismessa, è stata trasformata nel cantiere di City Life.

All'interno dell'area City Life è prevista la realizzazione di:

- Residenze;
- Edifici ad uso commerciale;
- Autorimesse e parcheggi;
- Aree verdi (parco);
- Fermata "Tre Torri" della linea metropolitana M5 (opera pubblica, cantiere non appartenente a City Life).

Le prime consegne del nuovo quartiere riguardano i lotti residenziali più esterni progettati dagli architetti Hadid e Libeskind (Settembre 2013), nel frattempo, si procede alla costruzione della Torre Commerciale Isozaki e delle opere ad essa collegate (il tutto con termine entro primavera 2015) e inizia l'accantieramento per la realizzazione della seconda torre, la Torre Hadid. Tali interventi sono stati appaltati da City Life a imprese affidatarie diverse: alcune imprese hanno in carico la

costruzione delle residenze Hadid e Libeskind, la “Colombo Costruzioni” procede alla realizzazione delle Torre Isozaki ed un’ ulteriore impresa si occuperà della costruzione della Torre Hadid. Le rimanenti componenti del progetto generale del polo urbano non sono ancora state appaltate da City Life, la loro realizzazione è stata traslata nel tempo.

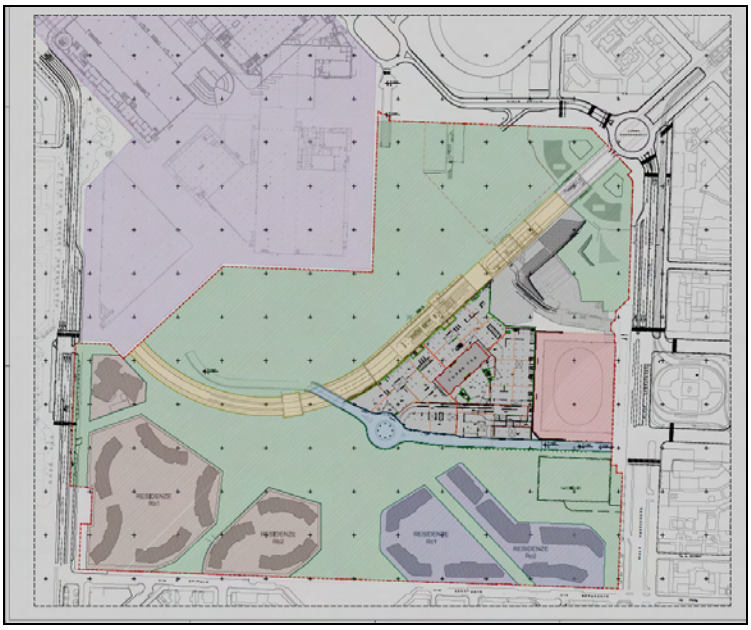


Figura 2: area caratterizzata dalla realizzazione del nuovo polo urbano.

Figura 3: panorama del futuro polo urbano, con le tre torri.

2. LA TORRE COMMERCIALE "A"

La Torre Commerciale Isozaki, (di seguito abbreviata in " Torre Isozaki" o" TcA", ossia torre commerciale A), è l'edificio che sarà oggetto di questo elaborato di tesi, in quanto la particolare metodologia utilizzata per la sua costruzione (sistema di casseforme a ripresa autosollevanti) implica delle importanti innovazioni rispetto al passato in merito alla sicurezza dei lavoratori, che qui ci si propone di analizzare.

La Torre Commerciale A trova collocazione nella parte est dell'area City Life e delimiterà, con altre due torri (una in fase di scavo e l'altra in fase progettuale), una piazza denominata "Piazza Tre Torri". Proprio in corrispondenza di questa piazza è prevista una fermata della linea metropolitana "MM 5", che verrà appunto chiamata "fermata Tre Torri".

La torre è stata progetta dall'architetto Isozaki per ospitare fino a 3800 persone in circa 53000 metri quadri e rappresenta la metafora di una costruzione che non conosce limiti nella sua aspirazione a raggiungere il cielo. Il complesso TcA si compone di due parti: una torre che affaccia sul lato Ovest della Piazza ed un volume basso, il Podium, posto sul retro dell'edificio. Torre e Podium si inseriscono in uno spazio circostante denominato "piastra", dove nella parte interrata trovano luogo i parcheggi.

All'interno dell'area City Life, il lotto di cantiere TcA confina:

- verso sud con la viabilità interrata e il parco realizzato nel lotto RC (residenze Hadid);
- verso Nord e Ovest con il cantiere per la realizzazione della linea metropolitana MM5;
- verso est con il padiglione C di Fiera Milano.

Conoscere l'esatta collocazione del lotto TcA all'interno di un più grande contesto di cantieri, è necessario al fine di poter prevedere le eventuali interferenze e valutarle nel Piano di Sicurezza e Coordinamento, redatto dal CSP[1] contestualmente alla progettazione dell'opera, prima della gara d'appalto per l'affidamento dei lavori.

Di particolare rilievo ai fini della sicurezza è il progetto con il numero previsto delle gru e le loro posizioni, nonché il relativo piano di interferenze: nella sola area di

[1] Coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione

cantiere della torre Isozaki vi sono, al momento dell'installazione del sistema di ripresa autosollevante, quattro gru a torre, i cui sbracci non devono interferire a vicenda e con le operazioni delle gru dei cantieri attigui. Il numero di gru è destinato ad aumentare contestualmente all'avanzamento dei lavori.

Figura 4: inserimento del lotto della torre TcA all'interno del progetto finale di City Life.

L'accesso al cantiere avviene dal varco su Via Boezio, dotato di accesso presidiato e regolamentato, provvisto di guardiania e impianto di badge e tornelli per controllare l'accesso di persone e mezzi; vi è il cancello di cantiere con recinzione anti –

infrazione e adeguato impianto di illuminamento nonché di scarico delle acque. All'entrata è disposta la pesa e l' impianto di lavaggio ruote; l'accesso pedonabile e il relativo percorso è ben distinto da quello destinato agli automezzi attraverso apposita delimitazione e segnaletica.

Descrizione lavori ed ubicazione	
COMUNE	Milano
UBICAZIONE	Viale Duilio, 5
LAVORI	Realizzazione Nuovo Polo Urbano City Life – Torre TcA
COMMITTENTE	City Life Srl
IMPRESA AFFIDATARIA	Colombo Costruzioni Spa

Tabella 1: anagrafica del cantiere.

2.1 La struttura / edificio

La Torre Isozaki TcA è un edificio destinato ad uso commerciale di proprietà ALLIANZ ASSICURAZIONI, azionista di City Life, che vi stabilirà la sede centrale con tutti i suoi uffici.

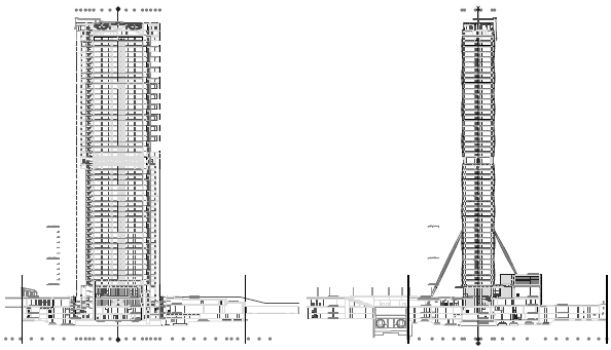


Figura 5: prospetto laterale e frontale della Torre.

Figura 6: la Torre commerciale Isozaki.

Trattasi di un edificio a grande sviluppo verticale che è destinato a diventare, per la sua altezza, il secondo grattacielo di Milano: alto 202,20 m sul piano della piazza principale, si compone di 49 piani fuori terra, di cui 46 destinati alla permanenza di persone e 3 destinati a moduli tecnici / di servizio. Nello specifico i piani tecnici saranno collocati al 24° (dove viene posta la "cintura" metallica di raccordo tra i moduli della facciata), al 48° e 49°. A livello -2 m, collegato alla hall principale dell'edificio, è stato previsto il collegamento con la nuova stazione della futura linea metropolitana MM5 che verrà realizzata proprio in corrispondenza della Piazza Tre Torri, così da consentire accesso diretto e coperto dalla metropolitana alla torre.

Il piano terra della torre (quota +5,00 m) è destinato interamente ad ingresso di rappresentanza, con la hall di altezza maggiore rispetto agli altri piani dell'edificio e pilastri a vista. Vi sono poi 3 piani interrati, rispettivamente a quota -14,00 m; -10,80 m; -7,00 m, in cui trovano collocazione rispettivamente i passaggi impiantistici, i parcheggi, gli spazi tecnici e gli archivi. Tutti i piani fuori terra sono invece destinati principalmente ad uffici, tranne i moduli tecnici sopra citati.

Sono stati previsti 4 accessi alla Torre:

- da Piazza Tre Torri, a quota +5,00 m;
- dal lato Nord – Est e Sud - Est del Podium, sempre a +5,00 m ;
- dalla metropolitana sotto Piazza Tre Torri, a quota -2,00 m.

Relativamente agli ingressi che verranno realizzati, troveremo quindi una hall di ingresso principale sviluppata su due livelli, +5,00 m e -2,00 m. I due livelli sono collegati da scale mobili (in salita e in discesa) e da scala tradizionale. Gran parte dei fruitori dell'edificio raggiungeranno il luogo in metropolitana, accedendo quindi dall'ingresso al piano interrato, lo stesso per coloro che raggiungeranno la torre con mezzi propri parcheggiati al secondo piano interrato e che raggiungeranno la hall di ingresso a quota -2,00 m servendosi di ascensori.

Schematicamente l'edificio è composto da 4 principali strutture verticali, completamente gettate in opera, (ossia prive di alcun elemento prefabbricato in fase di costruzione) che accoglieranno i nodi di circolazione verticale: i cores nord e sud e gli ascensori panoramici nord e sud.

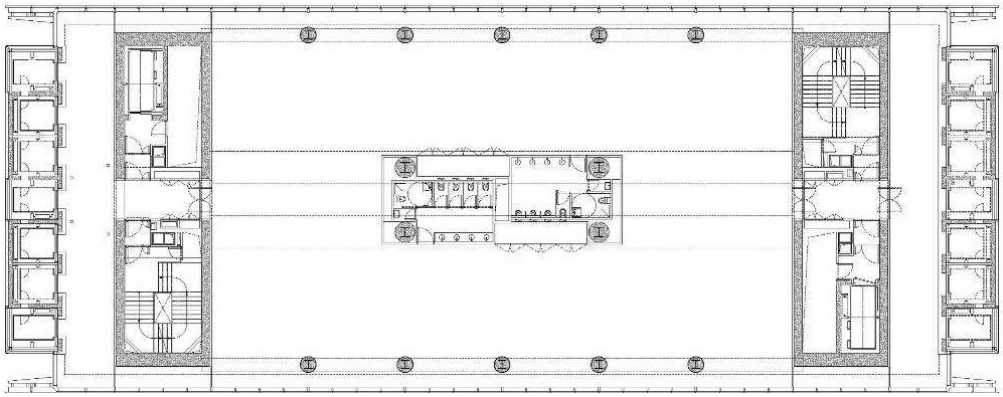


Figura 7: pianta piano tipo della Torre, riportata nel PSC.

Come possiamo vedere in pianta, la torre ha una struttura rettangolare lineare, composta da 4 file di pilastri, due esterne e due centrali. Le file dei pilastri più esterne sono collocate al massimo a 60 cm dalle facciate vetrate e con pilastri ogni 6 metri; le due file di pilastri centrali, composte ognuna da due unità, vanno invece a delimitare un quadrangolo che rompe l'open space dei piani. I pilastri sono gli elementi costruttivi portanti dell'intera costruzione, pertanto necessitano di particolare consistenza e spessore. Gli uffici sono composti da un grande open space con superficie media di 855 mq inclusi i servizi; quest'ultimi sono collocati al centro dell'open space, dove potrebbero non persistere i rapporti aero – illuminanti necessari alla predisposizione dell'ambiente a luogo di lavoro. L'altezza netta delle postazioni di lavoro è fissata in 2,80 m poiché, sebbene tra un piano e l'altro intercorra una luce libera di 3,90 m, da questi bisogna detrarre lo spazio occupato dal controsoffitto e dal pavimento galleggiante. Nello spazio sopra il controsoffitto vengono installati gli impianti di condizionamento aria, con sistemi di bocchette lineari per la mandata e la ripresa dell'aria che si integrano con l'estetica del controsoffitto e con il sistema di illuminazione corrispondente.

Nelle due testate dell'edificio sono stati previsti due vani (uno per lato) con 7 ascensori cadauno che consentono di raggiungere, con fermate alternate, tutti i piani del grattacielo. Tre ascensori per lato sono panoramici, con la parete esterna delle cabine e del vano corsa in vetro verso l'esterno. Oltre ai vani ascensori posti alle estremità dell'edificio, vengono realizzati più internamente due cores principali che contengono tutti i cavedi impianti, gli ascensori di soccorso e antincendio e le scale di sicurezza (una per core, ossia una a Nord – Est e una a Sud - Ovest) che consentano una rapida evacuazione dell'edifico in caso di emergenza. I collegamenti verticali verranno ulteriormente dettagliati nel seguito della trattazione, poiché la loro costruzione prevede l'utilizzo del sistema di cassaforma a ripresa auto sollevante che caratterizza il cantiere Torre TcA Isozaki.

Le due facciate lunghe del lato Sud – Est e Nord – Ovest si articolano su moduli curvilinei verticali di 6 piani ciascuno; ogni modulo è composto da cellule di facciata rettangolari (1,5 x 3,9 m), con spessore complessivo di 27, 2 cm: tripla vetrata curva con uno stratificato esterno, vetro intermedio monolitico e un vetro monolitico interno basso emissivo. Al Piano 24°, destinato agli impianti tecnici ed accessibile

solamente con ascensori di soccorso e antincendio posti nel core, è prevista una facciata resa interamente opaca da un rivestimento in pannelli di alluminio di colore grigio chiaro con lamelle in vetro, così che dall'esterno non siano visibili i locali tecnici e i macchinari. Tali accorgimenti sulla facciata sono previsti anche per il piano 49°, mentre per il piano 48°, anch'esso locale tecnico, è prevista la chiusura degli spazi tecnici con una parete in muratura, arretrata di circa due metri rispetto alle facciate vetrate lunghe. Tale arretramento sarà dotate di lampade di illuminazione uguali a quelle previste negli altri piani del grattacielo, per dare maggiore uniformità possibile ai prospetti in tutte le ore del giorno. Infine, al piano 50°, sono collocati i macchinari per fare scendere / salire e spostare la gondola di pulizia delle facciate del grattacielo, tra i quali è prevista una gru che verrà collocata centralmente alla copertura dall'edificio, al fine di rendere il braccio il meno visibile possibile.

2.1.1 La piastra

La piastra est annessa alla torre TcA è delimitata dalla stessa e dal cantiere della linea metropolitana M5. La piastra si compone di due piani interrati, un seminterrato e un piano terra (quest'ultimo a costituire la "piazza"). Al piano -2 trovano luogo i parcheggi, i locali tecnici, i depositi, le vasche per la raccolta di acque meteoritiche e gli archivi; al piano -1 i parcheggi, le aree di carico /scarico, i locali tecnici, i depositi, le vasche antincendio, i locali del gruppo pompaggio, gli archivi. Al piano seminterrato vi sono alcuni ristoranti, i depositi, la zona commerciale ed i locali tecnici, invece al piano terra vi sono il parco e la piazza, nonché gli accessi alla Torre e al Podium.

La struttura è costituita da solai, travi e pilastri in cemento armato gettati in opera, ad eccezione del solaio posto in corrispondenza della MM5, che è stato realizzato, per motivi costruttivi, con elementi prefabbricati.

Per la realizzazione delle strutture interrate della piastra, sia pareti che solai, il cui ciclo di realizzazione verrà successivamente trattato, vengono utilizzate le tipiche casseforme caratterizzanti il metodo costruttivo tradizionale.

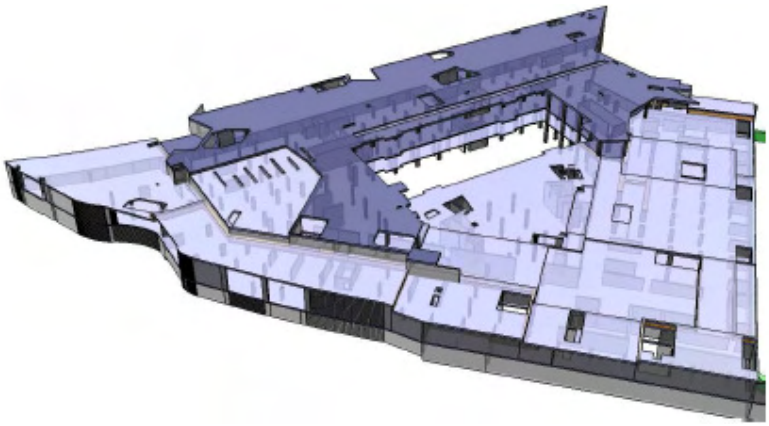


Figura 8: piastra est.

2.1.2 Il Podium

Il Podium è un grande volume sviluppato su tre piani che si innesta al lato della torre, collegandosi con essa solo a quota +5,00 m (piano terra della Torre con hall di ingresso, di cui il Podium diventa estensione ospitando tre sale riunioni a disposizione dell'utenza).

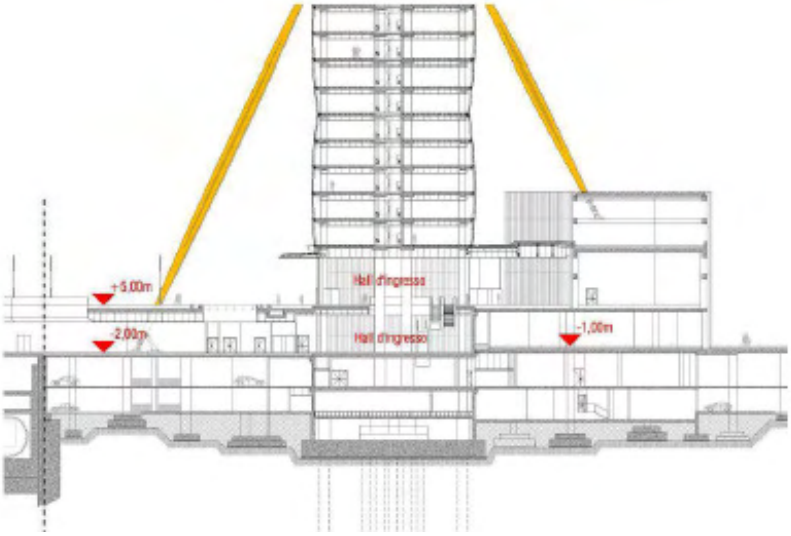


Figura 9: dettaglio sezione Torre – Podium.

Il Podium comprende: un piano inferiore destinato a ristorazione, sito a livello del parco retrostante a quota -1,00 m, accessibile direttamente dalla piazza per invitare il pubblico ad accedervi; un piano superiore comunicante con la hall di ingresso della torre a quota +5,00 m; un ultimo piano (+ 13,90 m) di vani tecnici, destinato a impianti e macchinari. All'interno del Podium sono stati previsti due cores che contengono scale di sicurezza e cavedii impiantistici. I magazzini delle attività sono previsti negli spazi tra l'area commerciale e la torre, collegati con lo spazio carico/scarico merci interrato. Le scale collegano i vari piani del Podium per fare uscire le persone, in caso di incendio. Sulla sua copertura appoggiano le parti terminali dei puntoni della facciata con gli smorzatori viscosi; la facciata dei tre volumi è opaca, in contrasto alle vetrate della torre.

2.2 Gli interventi costruttivi

In questo paragrafo verranno presi in considerazione gli interventi costruttivi principali limitatamente alla costruzione della Torre, al fine di illustrarne in breve le modalità operative. Si precisa che i lavori di fondazione vengono presentati tra gli interventi costruttivi anche se sono stati effettuati in una fase precedente alla gara d'appalto, non facendo quindi parte delle opere realizzate dalla Colombo Costruzioni.

2.2.1 I lavori di scavo e fondazioni

Una volta demoliti i padiglioni dell'area fiera ed effettuata la bonifica del terreno, si è proceduto allo scavo destinato a ospitare la prima Torre, appunto la Torre Commerciale A. Consolidato lo scavo, le fondazioni sono state progettate e realizzate come platea palificata dove i pali agiscono da elementi riduttori di cedimento. Per realizzare la platea di fondazione sono servite 42 ore consecutive (da Venerdì 30 Marzo a Domenica 1 Aprile 2012), con il getto continuo di calcestruzzo per un totale di 4260 metri cubi e l'impiego di trenta autobetoniere che si sono susseguite una dopo l'altra.

Prima del getto del calcestruzzo, particolarmente fluido per migliorare la prestazione di fondazione, sono stati realizzati 62 pali di sottofondazione in cemento armato di oltre 30 metri di lunghezza ed è stata realizzata l'armatura della platea con barre di acciaio. La platea della torre ha una dimensione in pianta di circa 63 x 27 metri, mentre i lati dell'edificio misurano 61,50 x 24 metri. Lo spessore della platea è variabile tra i 2,5 m e i 3,5 m e, per la natura di fondazione mista, poggia sia sul terreno sottostante sia sui 62 pali trivellati. Dal punto di vista strutturale, le zone di maggior sollecitazione della platea, al di sotto dei nuclei di stabilità principale della torre, quindi in corrispondenza dei cavedii verticali, sono state armate all'intradosso con molteplici strati di armatura e barre. Il primo pilastro della torre sopra le fondazioni, per la realizzazione degli interrati, è stato posato nell'Ottobre 2012.

Figura 10: fase di realizzazione delle fondazioni della Torre.

2.2.2 I solai

Ad eccezione per la parte di solaio della piastra che è situata a ridosso del passaggio della linea metropolitana, realizzato con elementi prefabbricati per motivi costruttivi, tutte le restanti strutture orizzontali, sia della piastra, che del Podium, che della Torre, sono gettate in corso d'opera, ossia realizzate con calcestruzzo armato, senza prevedere elementi prefabbricati.

Nei piani uffici tipici, il sistema solaio prevede la realizzazione di travi intradossate in cemento armato sui quattro allineamenti strutturali longitudinali (due allineamenti di facciata e due allineamenti interni) e soletta in calcestruzzo armato piena, con armatura lenta ordita tra le quattro travi principali ed armatura bidirezionale.

La realizzazione dei solai prevede una fase di allestimento delle casseforme a telaio (pannelli) a costituire un piano continuo e stabile che deve essere realizzato previa installazione di opere provvisionali di sostegno. Terminata la posa della cassaforma dell'impalcato dei solai, si procede alla posa del ferro di armatura, a seconda della

consistenza che si vuole attribuire alla struttura stessa, quindi si effettua il getto del calcestruzzo, la vibrazione del cemento e, nel rispetto del giusto tempo di maturazione, il disarmo parziale del solaio e il ripuntellamento dello stesso.

Il sistema di casseratura per getti orizzontali è composto da un reticolo di telai con testa a caduta che consentono il disarmo parziale anticipato degli elementi orizzontali che lo compongono. I telai in alluminio, con pannello di rivestimento in legno o altro materiale consono a essere posto a contatto con il calcestruzzo, sono stati ideati per essere movimentati e messi in opera a mano, pertanto sono leggeri e facilmente trasportabili. I pannelli per la cassaforma, una volta pre - assemblati, vengono sollevati utilizzando carrelli per carichi speciali o dall'operatore stesso e vengono poi fissati inserendo il puntello nella testa d'inclinazione appositamente predisposta nel telaio dello stesso. Tale testa d'inclinazione viene poi chiusa grazie all'apposito cuneo. Con l'utilizzo dell' apposita mazza in plastica, fornita dal costruttore a complemento del sistema, vengono effettuati gli aggiustamenti planimetrici al fine di regolare i puntelli fino al raggiungimento della quota desiderata.

Un sistema d'armatura del solaio quale quello appena descritto, consente di limitare l'intervento diretto dell'operatore sul cassero stesso soprattutto in fase di disarmo dei tavoli e inoltre, grazie ad un'attenta progettazione da parte del fornitore, è dotato di passerelle di compensazione e di parapetti di protezione, le cui predisposizioni di ancoraggio (tasselli) sono integrate direttamente alla struttura. Il sistema integrato di compensazione, preassemblato, evita di effettuare pericolose lavorazioni in quota ad ogni fase di armo.

Per l'esecuzione dei solai aventi altezze elevate, ad esempio la hall d'ingresso alla torre, non si utilizzano puntelli tradizionali, ma si preferisce, ai fini della sicurezza degli operatori, utilizzare impalcature a torre di sostegno. Queste devono essere posizionate verticalmente, su una base di appoggio stabile dal punto di vista statico (blocco di cementi, travetti, …) e non devono essere sollecitate da forze orizzontali.

Seppur realizzati con medesimo sistema, innovativo rispetto alla tradizionale cassaforma orizzontale grazie all'utilizzo di elementi preassemblati e lo svolgimento di operazioni standardizzate per quanto riguarda l'armo e il disarmo degli elementi di sostegno, i solai della piastra e del Podium vengono distinti da quelli della torre per la consistenza dell'armatura e i tempi di realizzazione.

Per il getto dei solai fuori terra in elevazione, quindi sulla torre, in sostituzione al parapetto perimetrale viene utilizzata una schermatura modulare, paramento di protezione (windshield), che riveste tutto il perimetro dell'edificio per due piani di lavoro (quello in cui è in corso la realizzazione del solaio e quello sottostante), dotata anch'essa di sistema di ripresa auto sollevante (sebbene potrebbe comunque "rampare" con ausilio del mezzo meccanico gru, scorrendo all'interno di guide assicurate alla costruzione da scarpette di sospensione, ancorate tramite appositi coni).

Figura 11: puntellamento di solaio in fase di realizzazione, con l'utilizzo di tavole d'armatura industriali preassemblate.

Figura 12: dettaglio casseratura a telaio orizzontale con testa a caduta.

2.2.3 I nodi di circolazione verticale: cores e vani ascensori panoramici

Le vie di circolazione verticale all'interno della TcA, speculari nel lato nord e sud, collocate nei cavedii dei cores e nei vani ascensori, sono così articolate:

- ascensori per il pubblico: alle estremità sud – est e nord – ovest, sette ascensori per parte, per un totale di 14 ascensori che servono ai vari piani, ognuno della portata di 1800 Kg, di cui tre per lato, come detto sopra, sono panoramici;
- ascensore antincendio: di portata 4100 Kg, situato all'interno del core sud – ovest. Ferma a tutti i piani destinati ad uso pubblico fuori terra e arriva fino al secondo piano interrato. Potrebbe essere utilizzato anche come monta carico di servizio ai vari piani;
- ascensore di soccorso: analogo a quello antincendio, con la medesima portata (4100 kg) e analoga estensione, ma sito all'interno del core nord –est;
- scale: sono previste due scale ai fini dell'esodo, ubicate nei due cores. I vani scala sono a prova di fumo con un filtro areato.

I cores sono, insieme ai vani per gli ascensori panoramici, gli interventi di più complessa realizzazione, poiché sono elementi che si sviluppano in modo continuo per tutta l'altezza dell'edificio, dagli interrati al 49° piano.

All'interno del core sono poi collocati i solai di seconda fase, ossia che vengono realizzati successivamente al solaio del piano corrispondente e alle pareti stesse del vano, nel vuoto del cavedio. Tali solai, dall' estensione ridotta, tagliano trasversalmente il core, andando a costituire la zona di collegamento al piano del montacarichi per consentirvi l'accesso.

I cavedii per le vie di circolazione verticali sono stati oggetto di un'attenta valutazione da parte dell'impresa sia per quanto riguarda i tempi e i costi di produzione, sia per la sicurezza degli operatori: il risultato di questa valutazione è la scelta dell'utilizzo di un metodo di casseforme autosollevanti per la realizzazione delle pareti verticali.

Gli ascensori panoramici sono sette per ognuno dei due lati minori dell'edificio, utilizzati dagli utenti per raggiungere tutti i piani della torre. Le fermate degli ascensori della torre sono alternate tra il gruppo Nord – Est e Sud – Ovest, questo per

sfruttare al meglio gli spazi dell'ufficio e decongestionare l'impiego da parte dell'utenza. Tutti gli ascensori laterali partono dalla hall di ingresso a quota +5,00 m e quelli del lato sud – ovest servono i piani fino al 23° (i panoramici raggiungono comunque il 47°), mentre quelli di nord – est servono dal 25° al 46° piano. Tutti e 14 gli ascensori laterali hanno portata di 1800 kg e tre ascensori per lato sono panoramici, con la parete esterna delle cabine e del vano corsa in vetro verso l'esterno. Sono poi previsti altri ascensori per collegare i piani interrati all'ingresso centrale del piano terra.

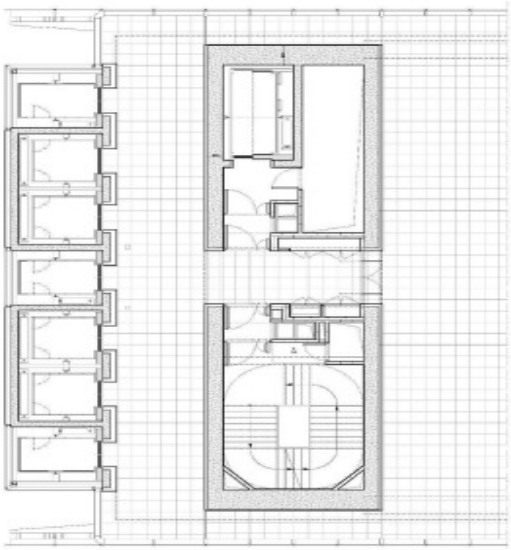


Figura 13: pianta area sud, vani ascensori panoramici e core.

I vani degli ascensori, insieme ai nuclei che ospitano le scale (utilizzate anche ai fini dell'esodo), il montacarichi e gli ascensori antincendio e di soccorso, sono interventi strutturali verticali da realizzarsi nell'edificio, unitamente alle colonne / pilastri. Come già detto, per la consistenza dell'opera, è stato escluso il sistema tradizionale e si utilizza un sistema di cassaforma a ripresa autosollevante, cioè con sollevamento autonomo, realizzato con martinetti a pressione idraulica telecomandati dagli operatori. Il sistema modulare dei casseri auto sollevanti, noleggiato dall'impresa affidataria per la durata dell'intervento dall'impresa costruttrice, è approfondito nel capitolo 4 del presente elaborato, "Il sistema di cassaforma a ripresa autosollevante".

2.2.4 I pilastri

I pilastri sono un intervento costruttivo che riguarda sia la piastra che la torre, dove questi costituiscono l'elemento portante principale. La struttura della torre prevede quattro file di pilastri, due esterne sui lati più lunghi (composte da 6 pilastri) e due file di pilastri centrali, ognuna da due pilastri, a formare idealmente un rettangolo centrale alla pianta corrispondente al locale servizi igienici Le file dei pilastri più esterne sono collocate al massimo a 60 cm dalle facciate, con 6 metri di distanza tra un pilastro e l'altro. Il perimetro dell'edificio, nei lati "corti" occupato dagli ascensori laterali ciechi e panoramici, nei lati "lunghi" è costituito da cellule di facciata completamente vetrate. Tra le tecnologie costruttive disponibili, quella composita è stata ritenuta tra le più adatte per la realizzazione dei pilastri della Torre, dati gli elevati carichi verticali gravanti sugli stessi; in particolare è stata scelta la tipologia con profilo metallico annegato all'interno di una sezione circolare in calcestruzzo armato.

Figura 14: pilastro composito.

Figura 15: cemento speciale gettato sul solaio nel punto in cui verrà realizzato il pilastro.

Particolare attenzione deve essere prestata ai dettagli di connessione della colonna composita acciaio – calcestruzzo con le travi in cemento armato e ai dettagli necessari per garantire un'efficace interazione tra i materiali stessi, al fine di ottenere un meccanismo resistente proprio di un unico componente. Si utilizzano quindi calcestruzzo ad alta resistenza (diverso da quello con cui si realizzano solai e pareti) ed acciaio da carpenteria metallica.

In fase di realizzazione dei solai della torre, è necessario che il calcestruzzo gettato dove andranno a posizionarsi i pilastri sia di maggior consistenza rispetto al getto della struttura orizzontale, sia quindi una tipologia di materiale diverso. Una volta realizzata la struttura in ferro dei pilastri, si appone la cassaforma preformata e preassemblata a terra, si inseriscono i tiranti e si procede con il getto del calcestruzzo.

A seconda della forma dei pilastri, a sezione quadrata e/o rettangolari sulla piastra e il Podium e circolari nella torre, si utilizzano casseforme differenti: alcune prevedono il sistema di accesso integrato e la relativa postazione di lavoro in quota con protezioni laterali, altre necessitano l'ausilio di scale o opere provvisionali, comunque utilizzate in fase di legatura dei ferri.

2.2.5 La cintura e i puntoni

La torre TcA è caratterizzata nelle facciate maggiori dalla presenza di due coppie di puntoni di contrasto in acciaio connessi ai nuclei a circa un quarto dell'altezza totale della torre. Il sistema di dissipazione viscosa, collegato per tramite dei puntoni all'edificio, ha la funzione di incrementare lo smorzamento e le capacità dissipative della struttura rispetto all'asse minore dell'edificio comportando, di conseguenza, una riduzione del momento sollecitante alla base dovuto alle azioni orizzontali. Sulla copertura del podium appoggiano le parti terminali dei puntoni della facciata con gli smorzatori viscosi. Questi quattro puntoni inclinati consentono tra l'altro di ridurre l'ingombro delle strutture portanti sullo spazio interno e costituiscono altresì un sistema di controventatura all'intero edificio.

I puntoni sono connessi in testa alla struttura dei nuclei attraverso una cerniera cilindrica, mentre alla base sono collegati agli smorzatori viscosi (posizionati lungo l'asse longitudinale del puntone) attraverso cerniere di tipo sferico, parte del sistema di connessione dei dispositivi. Il peso proprio dei puntoni è trasferito alla base ad un "cavalletto" strutturale in acciaio costituito da aste che stabilizzano il puntone lungo il suo piano ortogonale permettendo il movimento lungo l'asse longitudinale.

Le due coppie di puntoni hanno una lunghezza, al netto dei sistemi di connessione, pari a circa 55-60 m (puntoni nella facciata nord/ovest) e 40-45m (puntoni nella facciata sud/est). Al piano 11 i puntoni attraversano la facciata per connettersi al nucleo. Un pannello opaco in metallo è usato al posto delle cellule in vetro a doppia camera e dei giunti di dilatazione permetteranno i movimenti dei puntoni.

La trave d' acciaio (altresì denominata cintura) è una barra metallica che viene collocata sulla facciata dell'edifico a circa metà dell'altezza dello stesso, quindi al 24° - 25° piano e rappresenta il raccordo tra le due convessità che caratterizzano l'andamento della facciata. La posa di tale elemento di carpenteria pesante assume particolare rilievo in fase di progettazione e scelta del sistema costruttivo in quanto, se la decisione fosse caduta sulla metodologia auto sollevante in avanzamento (con sfasamento di circa 3 – 4 piani tra i nuclei in avanzamento, ossia i cores e i solai), le operazioni di raccordo dell'elemento alla struttura sarebbero state molto complicate, esponendo i lavoratori al rischio di caduta dall'alto. La trave d'acciaio ha altresì funzione antisimica.

2.3 L'appalto e le imprese

L'assegnazione della costruzione della torre si è tenuta tramite una gara d'appalto cui hanno partecipato alcune tra le più importanti imprese del panorama edilizio nazionale e lombardo; la gara è iniziata dopo che sono stati eseguiti i lavori di scavo e getto della platea (fondazioni). La Colombo Costruzioni Spa è stata l'impresa scelta dal committente per rivestire il ruolo di "general contractor" o impresa affidataria. Questa impresa era già nota nel panorama italiano ed europeo e, in particolar modo, in quello milanese, per aver edificato la torre Cesar Pelli, il grattacielo di Porta Nuova Garibaldi, utilizzando la metodologia costruttiva delle casseforme a ripresa autosollevanti in avanzamento, avendo quindi nel suo organico personale formato e specializzato, forte di un'esperienza di costruzione per molti versi analoga.

La Colombo Costruzioni Spa esiste dal 1905 e si è sempre distinta per la qualità della realizzazione, la competenza dei tecnici, la capacità del parco macchine e la solidità dell'azienda; in quanto impresa generale di costruzioni, svolge principalmente attività di direzione lavori, supervisione, controllo e assistenza alle attività svolte dai propri subappaltatori. Anche nel cantiere Torre Isozaki ha subappaltato i singoli lavori alle diverse imprese esecutrici.

L'impresa Colombo Costruzioni è in possesso di certificazioni relative a:

-" sistema di gestione della sicurezza e salute sul lavoro" OHSAS 18001:2007 [2];

- "sistema di gestione per la qualità" ISO 9001:2008 [3];

- "sistema di gestione ambientale" UNI EN ISO 14001:2004 [4].

---

[2] OHSAS 18001:2007, è un riconoscimento valido a livello internazionale che conferma il rispetto da parte delle aziende delle norme previste per i sistemi di gestione della salute e sicurezza sul lavoro. La certificazione può essere ottenuta dalle aziende operanti in qualsiasi settore o attività, rappresenta un elemento distintivo per le aziende che la posseggono, sia perché è dimostrazione di professionalità, sia perché dovrebbe condurre alla riduzione del numero di infortuni.

[3] ISO 9001:2008, definisce con esattezza quali sono i requisiti dei sistemi di qualità delle aziende. In Italia, chi volesse richiedere questa certificazione, deve rivolgersi presso gli istituti ed i centri in convenzione con l'Istituto Italiano Certificazione di Qualità. La certificazione di applicazione della ISO 9001: 2008 richiede la constatazione della presenza di documenti: necessari per assicurare l'efficace pianificazione, funzionamento e tenuta sotto controllo dei processi.

[3] UNI EN ISO 14001:2004, 14001 è una norma tecnica internazionale ad adesione volontaria, che certifica il Sistema di Gestione Ambientale (SGA) delle organizzazioni, sia pubbliche che private. Tale Sistema consiste in una impostazione della gestione dell'azienda, mirata al rispetto delle tematiche ambientali.

Per un' impresa, richiedere ed ottenere la certificazione a queste norme ISO significa aumentare la propria competitività sul mercato e tutelare la propria utenza attraverso sistemi di gestione dichiarati efficaci ed efficienti al raggiungimento dello scopo prefissato. Tutte queste certificazioni sono state ottenute dall'impresa nell'ultimo triennio, presentando richiesta ad un ente italiano riconosciuto e preposto all'accreditamento dei processi di gestione aziendale. Le certificazioni hanno una durata di tre anni (con la subordinazione all'esito soddisfacente dell'attività di sorveglianza periodica effettuata dall'ente di accreditamento sull'impresa accreditata), dopodiché devono essere rinnovate.

Ulteriore nota di merito all'organizzazione e all'attenzione verso la sicurezza dell'impresa affidataria il cui cantiere è oggetto del presente elaborato di tesi, è la conquista del " Premio Impresa per la sicurezza" ricevuto nell'anno 2012. Il concorso è stato indetto da un comitato tecnico - scientifico composto da Confindustria, INAIL ed alcuni tra i maggiori enti nazionali di accreditamento, con lo scopo di contribuire al processo di diffusione della "cultura della sicurezza" in tutto il sistema produttivo italiano. La Colombo Costruzioni è stata l'unica impresa edile premiata.

Nel cantiere Isozaki, data la presenza di più imprese, è stato necessario nominare il coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione, che si occupa anche degli altri cantieri presenti in City Life, al fine di coordinare gli interventi per ridurre il rischio legato alle interferenze delle diverse lavorazioni. Gli interventi di costruzione della torre sono eseguiti da un' ATI (associazione temporanea di imprese) sotto la supervisione dell'impresa affidataria. L'intervento riguardante la piastra e il Podium è invece in subappalto ad un consorzio di imprese.

Ogni impresa presente in cantiere ha un proprio organigramma della sicurezza, con figure che si affiancano e collaborano alla gestione della sicurezza dell'intero cantiere.

In previsione, il numero massimo di lavoratori previsti contemporaneamente presso il cantiere Isozaki è di 309 unità. Il numero effettivo delle presenze è variabile a seconda delle fasi di lavoro; nel mese di Luglio 2013, ad esempio, vi erano circa 180 operai impiegati contemporaneamente tra ferraioli, carpentieri, addetti alla movimentazione mezzi, al betonaggio e impiantisti (che andranno ad incrementarsi

notevolmente nei mesi successivi). L'organizzazione delle lavorazioni prevede un turno unico per la piastra, mentre sono osservati due turni diversi sulla torre (6 – 14 e 14 – 22) per garantire la continuità del getto di pareti e solai. Ogni operaio in servizio presso il cantiere è dotato di regolare tesserino atto a identificarne il nome e l'impresa di appartenenza, inoltre ha ricevuto idonea informazione, formazione ed eventuale addestramento a carico del proprio datore di lavoro ed è idoneo allo svolgimento della mansione secondo giudizio del Medico Competente e del proprio responsabile di cantiere.

Figura 16: esempio badge nominale.

Ogni lavoratore, per accedere al cantiere deve essere dotato di idonei dispositivi di protezione individuale, quindi scarpe antinfortunistiche e casco (per lavorazioni generiche), cui si aggiungono guanti, visiere, maschere, DPI otoprotettori, ecc … per coloro che sono esposti a rischi particolari.

.

3. PRESUPPOSTI TEORICI

Sempre più spesso ci troviamo di fronte a cantieri caratterizzati da complessa situazione logistica, alte esigenze qualitative e strutturali associate ad elevati standard di sicurezza in fase di realizzazione, ma tempi di realizzazione alquanto ristretti.

Nella scelta del metodo costruttivo, relativamente all'opera che si vuole realizzare, ci si affida a tecnologie innovative e all'avanguardia, che permettano rapida esecuzione delle strutture portanti, delle pareti e dei solai, sempre più spesso dotate di movimentazione tramite impianto idraulico di sollevamento, che consentano, oltre al controllo della produttività, una gestione completa della sicurezza (con dispositivi di protezione collettiva e individuale in ogni fase, operazioni standardizzate e ripetibili, schermo di protezione perimetrale a sostituzione dei parapetti per la realizzazione dei solai in quota, per dare la sensazione, anche ad altezze molto elevate, di operare su un piano di calpestio qualsiasi). Le casseforme, i sistemi di ripresa auto sollevanti, gli ascensori ed i montacarichi da cantiere sono strumenti fondamentali per la gestione performante della produzione edilizia in cantiere: che si tratti di dare forma al calcestruzzo contenendone il getto o di rendere possibile e proteggere il lavoro degli operatori in quota, queste tecnologie e attrezzature provvisionali sono accomunate da un'unica caratteristica, l'efficienza della produttività, originata dai componenti per la sicurezza integrati nelle stesse attrezzature provvisionali di ripresa. Esse cioè rendono produttivo il lavoro in cantiere perché diminuiscono i tempi di lavorazione e permettono lo svolgimento del lavoro in completa sicurezza.

Dopo aver analizzato la natura della costruzione e il suo progetto, nonché aver consultato il Piano di Sicurezza e Coordinamento redatto contestualmente alla progettazione dell'intervento, in cui si prevede la metodologia costruttiva autorampante, compito dell'impresa assegnataria dei lavori (impresa affidataria o "general contractor"), è stato quello di scegliere la modalità operativa di impiego delle casseforme a ripresa autosollevanti ed individuare la società fornitrice del sistema.

La Torre, con i suoi 202 m di altezza, presenta una struttura dritta, lineare, con elementi portanti in cemento armato e facciate interamente vetrate. Innanzitutto è stato necessario individuare all'interno del progetto gli elementi costruttivi, quindi:

pilastri, solaio tipo, solaio con travi ribassate, nucleo (core) nord e sud, vani ascensori panoramici, trave (cintura) e puntoni. L'individuazione delle lavorazioni strutturali da eseguirsi è stato il punto di partenza per poter compiere una scelta costruttiva ad hoc, mirata e costruita sullo specifico manufatto da realizzare. Tale scelta è sicuramente condizionata anche dalla complessa situazione logistica (nel caso della costruzione della Torre Isozaki siamo in presenza di un cantiere inserito a sua volta all'interno di un più grande cantiere, con committenza comune) e dalla velocità di esecuzione (la Torre deve essere consegnata entro il 2015 e i lavori di getto delle fondazioni sono iniziati nell' Aprile 2012).

3.1 L'esclusione del sistema di ripresa tradizionale

Trattandosi di un edificio a grande sviluppo verticale, è stato escluso il sistema di cassaforma a ripresa tradizionale quale metodologia predominante nella costruzione, in quanto non idoneo né dal punto di vista dell'efficienza produttiva (costi in relazione al tempo impiegato) né da quello della sicurezza.

Si specifica che nel presente elaborato, alludendo al "sistema di cassaforma a ripresa tradizionale", non si intende la costruzione mediante carpenteria in legno, convenzionalmente costituita da tavole in legno e componenti in ferro utilizzati a sostegno delle stesse, che tuttora troviamo spesso utilizzate per i cantieri di edilizia civile, ma ci si riferisce ai casseri che, pur essendo di moderna concezione dal punto di vista dei materiali e della forma (moduli con telaio in acciaio e rivestimento con pannello multistrato), rimangono "tradizionali" nella loro modalità di utilizzo, quindi movimentati attraverso mezzi meccanici di sollevamento e trasporto (gru).

L'impresa affidataria ha poi il compito di valutare sia dal punto di vista dell'efficienza produttiva che della sicurezza i sistemi di attrezzature provvisionali disponibili sul mercato e coerenti con quanto prescritto nel PSC, al fine di individuare il sistema di ripresa auto sollevante che verrà utilizzato per la realizzazione della Torre.

Un esempio di opera di edilizia commerciale realizzata in modo tradizionale, è il grattacielo Pirelli, ex sede della Regione Lombardia, per la cui edificazione, risalente

alla fine degli anni'50, sono serviti più di sei anni. Il grattacielo Pirelli è alto 127 metri, distribuiti su n ° 31 piani. Per evidenziare il vantaggio in termini produttivi conferito dal sistema autosollevante è sufficiente pensare che la Torre Isozaki, 49 piani, sarà costruita in tre anni (meno della metà del tempo che sarebbe occorso se si fosse utilizzato un metodo di costruzione tradizionale).

Riferendoci alla Torre Isozaki, sarebbe impensabile avere operatori a quote elevate che, servendosi di opere provvisionali tradizionali in continua costruzione o montaggio / smontaggio quali ad es. il ponteggio di servizio, con i rischi che ne derivano dalla perdita di integrità e dall'esposizione al rischio durante l'allestimento e l'installazione della stessa attrezzatura provvisionale, realizzaziono il banchinaggio di solai, armano e disarmano casseri, posano ferri d armatura e gettano il calcestruzzo,ecc … Il maggiore problema sarebbe la difficoltà stessa di organizzare il lavoro in quota, rendere sicuri la salita, l'accesso e la permanenza dei lavoratori nelle loro postazioni, nonché pianificare l'utilizzo delle gru, tenendo presente che queste sarebbero sempre impegnate nelle operazioni di movimentazione dei casseri.

Se ai vari solai dei piani si accede con scale prefabbricate e ascensori di cantiere e /o montacarichi, spesso, sugli elementi delle casseforme per getto verticale, gli operai in fase di armo e disarmo utilizzano scale o altre opere provvisionali non idonee, fino al caso limite di arrampicamento sul telaio del cassero stesso. Ciò caratterizza una gestione ibrida dei componenti della cassaforma, dove troviamo pannelli con telaio in acciaio e tavola in legno di moderna concezione, affiancati ad accessi con scale non idonee (che il fornitore dei casseri integrerebbe invece agli stessi per lavorare in sicurezza), oppure troviamo solai in realizzazione i cui parapetti perimetrali, anziché essere tassellati al sistema stesso di tipo a guardiacorpo, prefabbricati in acciaio e forniti congiuntamente ai pannelli, sono costituiti da elementi misti di legno, orsogrill e acciaio che spesso vengono divelti durante le fasi di lavoro e che comunque non risultano idonei a proteggere dal rischio di caduta dall'alto gli operatori.

Figura 17: realizzazione di pareti con metodologia tradizionale: accessi in quota non idonei e opere provvisionali non conformi.

I punti critici del sistema tradizionale, relativi all'uso scorretto di questa tecnologia, sono sovente causa di infortunio nei cantieri, a causa della molteplicità e diversità delle fasi operative coinvolte. I rischi maggiori riguardano infatti fasi di movimentazione della cassaforma, la fase di messa in opera, le fasi di getto e maturazione del calcestruzzo.

Tra le maggiori cause di pericolo, infatti, si evidenziano:

a) Movimentazione

- scorretta imbracatura delle unità di cassaforma, sia in fase di sollevamento che di sgancio;
- errori di traiettoria dell'organo di sollevamento;
- deviazione di traiettoria a causa del vento;

b) Messa in opera

- errato collegamento degli elementi di cassaforma;
- errato montaggio delle opere provvisionali e della predisposizione degli accessi;

c) Fase di getto e maturazione

- errato dimensionamento strutturale della cassaforma;
- controventatura inadeguata;
- velocità di getto eccessiva;
- disarmo precoce.

Escluso il sistema tradizionale, la tipologia di costruzione implica quindi, di per sé, l' adozione di nuove metodologie costruttive basate sui casseri di ripresa auto sollevanti (auto rampanti), la cui scelta di utilizzo deve mirare a minimizzare i rischi e le interferenze riconducibili all'area, all'organizzazione del cantiere e alle lavorazioni. E' stato proprio da un'attenta valutazione rischi / benefici che si è giunti a tale scelta tecnica. I sistemi autosollevanti permettono di realizzare riprese di getto in successione verticale, senza necessità di montare ponteggi di servizio e di protezione, oltre a permettere cicli di produzione più rapidi e più efficienti.

Le casseforme, siano esse sollevate da gru o automatizzate, si distinguono in due principali famiglie: "a trave" e "a telaio". I casseri "a trave" sono costituiti dall'assemblaggio di travi, generalmente in legno, ad anima reticolare o piena, su cui poggiano i pannelli di rivestimento in legno a contatto con il calcestruzzo. I casseri a telaio sono invece costituiti da elementi a telaio in ferro o in alluminio, con pannello di rivestimento in legno compensato che andrà a contatto con il getto.

A seconda della modalità di sollevamento, i casseri vengono inoltre suddivisi in diverse tipologie: auto rampanti (o auto sollevanti o ancora rampanti automatizzati), caratterizzati dalla meccanizzazione autonoma sia del posizionamento che della movimentazione, oppure semiautomatizzati, (o rampanti) caratterizzati da autonomia del solo posizionamento, che necessitano pertanto di attrezzature esterne quali gru e autogrù per la loro movimentazione. Nella scelta dello specifico sistema, oltre alla tipologia del manufatto da realizzare, sono da considerarsi anche altri aspetti, che integrano sia sicurezza che produttività: semplificazione dell'attività attraverso la massima standardizzazione possibile dei processi produttivi e l' automatizzazione del

maggior numero di operazioni possibili per l'esecuzione dell'opera, così da ridurre i rischi connessi alle operazioni manuali.

Per poter comprendere il grande sforzo di costruzione del core, sostanzialmente un vano rettangolare delimitato da 4 pareti che attraversa verticalmente l'intero edificio, è stato scelto di descrivere come avviene, solitamente, se ci si avvale del mezzo meccanico (gru) la posa in opera delle pareti. Nel cantiere stesso troviamo esempio di applicazione di questa metodologia nella realizzazione delle strutture verticali della piastra, del Podium e dei piani interrati e dei primi tre piani fuori terra del grattacielo, mentre per l'elevazione in verticale l'impresa affidataria ha deciso di utilizzare le casseforme a ripresa autosollevanti.

Figura 18: realizzazione piano 0 Torre e pareti della piastra.

Figura 19: realizzazione del piano +1 della Torre con metodologia costruttiva tradizionale.

Per la costruzione di pareti in calcestruzzo nell'edilizia tradizionale si utilizzano casseforme a telaio componibili di medie / grandi dimensioni, rivestite con pannello multistrato in legno: il cassero è composto da più unità di elementi a telaio opportunamente allestiti ed installati per adattarsi alla morfologia ed alle dimensioni delle pareti in cemento armato dell'edificio.

La struttura portante degli elementi a telaio è costituita da profili metallici con struttura bidirezionale, che consente il posizionamento dell'unità di cassaforma a telaio sia in verticale che in orizzontale così da poter sfruttare al meglio la modularità dei componenti. I vari pannelli sono connessi tra loro dalla morsa di collegamento.

Elementi di fondamentale importanza del cassero, alla base della sua funzione, sono le forature per i tiranti di collegamento delle casseforme contrapposte, con guaina distanziatrice di plastica / fibro - cemento a perdere; i tiranti costituiscono i vincoli di resistenza alle sollecitazioni del cassero, consentendo di trasferire la pressione del calcestruzzo fresco sul paramento, facendogli acquisire così la corretta forma.

Le casseforme devono essere complete degli elementi di sollevamento, di stabilizzazione e soprattutto delle passerelle di servizio, da cui l'operatore arma il cassero, effettua il getto del calcestruzzo e, una volta che il calcestruzzo è maturato, rimuove i tiranti e disarma così la cassaforma. Il sollevamento e la traslazione delle unità di cassaforma avviene mediante la gru, così come la stessa viene utilizzata per il sollevamento dei ferri di chiamata, le gabbie di armatura e la benna con il calcestruzzo. Una procedura quale quella appena descritta, se applicata per la realizzazione dei cavedii della torre, implicherebbe impiego incessante di più gru, quindi continua movimentazione di carichi sospesi, numerosa manodopera, realizzazione di opere provvisionali per lavorare in sicurezza sul cassero (getto, legatura del ferro, ecc..) che, prevedendo passerelle di servizio è a tutti gli effetti un "luogo di lavoro", nonché una complessa gestione degli accessi in quota degli operatori. Oltre a tutti questi punti critici evidenziati, l'utilizzo dei casseri tradizionali per l'edificazione delle pareti del core implicherebbe tempi lunghi e, di conseguenza, costi decisamente elevati.

Esempi delle lavorazioni eseguite in zona piastra, quindi con metodologia costruttiva tradizionale, (est della torre) sono riportate nelle seguenti foto.

Figura 20: realizzazione di pareti, pilastri e solai della piastra servizi interrata, con metodologia tradizionale.

Figura 21: casseforme industriali utilizzate per la costruzione di pareti con metodo tradizionale.

I solai di piastra e Torre sono tutti costruiti con metodo tradizionale (ad eccezione dei solai di accesso al montacarichi del core, gettati in seconda fase) con utilizzo di casseri, ossia elementi a telaio con pannello di rivestimento, che vengono messi in opera dall'operatore tramite attrezzature provvisionali di supporto con altezza maggiore di 3,60 m (ad esempio attraverso utilizzo di una piattaforma da lavoro

elevabile a pantografo) in funzione dell'altezza libera ed agevolmente puntellati grazie al raccordo tra il cassero stesso e il puntello.

Anche i pilastri, elementi caratterizzanti l'edificio per tutta la sua altezza, sono eseguiti posizionando i casseri per pilastri, che vengono armati e completati dalla posa dal ferro. Il calcestruzzo utilizzato per la costruzione dei pilastri ha una consistenza diversa da quello impiegato per il getto dei solai, in quanto essi sono gli elementi portanti su cui si regge l'intera struttura. Per tale motivo, alla fase di getto del solaio, è preceduto il getto del cemento speciale in corrispondenza della parte di solaio su cui si reggerà il pilastro.

3.1.1 Analisi delle tipologie di infortunio più frequenti nell'edilizia tradizionale

Studiare gli infortuni sul lavoro significa conoscere le dimensioni del fenomeno in termini assoluti e quantificare la "perdita di salute della popolazione", nonché avere un giudizio sintetico e rappresentativo del funzionamento del sistema salute / prevenzione / sicurezza. Dall'analisi dei dati infortunistici stessi si ricava la misura del rischio infortunistico, ossia la probabilità per i lavoratori di un determinato comparto di subire un infortunio.

Una successiva operazione che può essere compiuta sui dati infortunistici è quella di classificarli per settore di accadimento e, ancora più approfonditamente, per tipologia.

Secondo la banca dati ISPESL[5]/INAIL[6] di sorveglianza degli infortuni, con riferimento a quelli occorsi tra l'anno 2002 e 2010, le cause di infortuni ad esito

[5] ISPESL, Istituto Superiore per la prevenzione e la sicurezza del lavoro. Ente di diritto pubblico, nel settore della ricerca, dotato di autonomia scientifica, organizzativa, patrimoniale, gestionale e tecnica. E' organo tecnico – scientifico del Servizio Sanitario Nazionale per quanto riguarda ricerca, sperimentazione,controllo, consulenza, assistenza, alta formazione, informazione e documentazione in materia di prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali, sicurezza sul lavoro, nonché di promozione e tutela della salute negli ambienti di vita e lavoro.

[6] INAIL, Istituto Nazionale Assicurazione contro gli infortuni sul lavoro. Persegue una pluralità di obiettivi: ridurre il fenomeno infortunistico, assicurare i lavoratori che svolgono attività a rischio, garantire il reinserimento nella vita lavorativa degli infortunati sul lavoro. Allo scopo di contribuire a ridurre il fenomeno infortunistico,l'Inail realizza inoltre importanti iniziative mirate al monitoraggio continuo dell'andamento dell'occupazione e degli infortuni.

mortale più frequenti nel settore delle costruzioni, in ordine decrescente, sono così individuate:

- caduta di persone dall'alto;
- caduta di gravi dall'alto;
- variazione della marcia veicolo / mezzo di trasporto (ribaltamento);
- contatto elettrico diretto;
- contatto con oggetti / mezzi in movimento;
- avviamento intempestivo veicolo, macchina, attrezzatura;
- proiezione di solidi;
- contatto con organi lavoratori in movimento …

Volendo poi ricondurre le cause più frequenti di infortuni mortali nelle costruzioni all'interno del ciclo di produzione di manufatti in cemento armato con sistema di casseratura tradizionale, ripensando quindi ai rischi cui sono esposti gli operatori durante la sequenza lavorativa, considereremo tra i maggiori fattori di rischio:

- caduta dall'alto degli operatori;
- movimentazione / carico / scarico di materiali in quota;
- movimentazione degli elementi casseranti (montare, smontare, pulire, ecc …);
- utilizzo errato di opere provvisionali (non idonee, non integre, costituite da elementi misti, ecc);
- caduta di materiali dall'alto;
- postazioni di lavoro non idonee;
- problema degli accessi in quota;
- mancata formazione, informazione, addestramento, ecc …

Effettuando una ricerca nella banca dati Infor. mo dell' Ispesl, che raccoglie tutti gli infortuni mortali occorsi tra l'anno 2002 e il 2010 con rispettive relazioni sulla dinamica di accadimento, utilizzando quale filtro di ricerca il termine "casser", si trovano ben 45 risultati, ossia 45 casi di infortuni mortali occorsi nel settore delle costruzioni legati all'utilizzo dei casseri. Analizzando le dinamiche di questi infortuni, tutti connessi ad un impiego del cassero di tipo tradizionale, si trova ulteriore riscontro che le cause di infortunio individuate corrispondano alle più ricorrenti nell'edilizia tradizionale.

	Rischio presente con attività in elevazione TRADIZIONALE (ponteggio e carpenteria)	Rischio presente con attività in elevazione con casseri NON AUTORAMPANTI	Rischio presente con attività in elevazione con casseri AUTORAMPANTI
Caduta di persone dall'alto	Alto	Alto	Basso
Caduta di gravi dall'alto	Alto	Alto	Basso
Proiezione di solidi	Alto	Medio	Basso
Problema degli accessi in quota	Alto	Alto	Basso
Postazioni di lavoro non idonee	Alto	Alto	Basso

Tabella 2: Cause principali di infortunio contestualizzate nelle diverse tipologie di costruzione.

3.2 Introduzione alle casseforme a ripresa autosollevanti con meccanismi idraulici

Nella costruzione della torre commerciale ISOZAKI sono utilizzati sistemi auto rampanti a movimentazione idraulica. Lungo i bordi dei solai è disposto uno schermo protettivo che scorre all'interno di apposite guide ed è dotato di un sistema di ripresa autosollevante. Questo schermo consente la chiusura dei piani di lavoro dei solai in fase di realizzazione e ripuntellazione, nonché la possibilità di costituire piattaforme di carico per traslare i componenti dei sistemi di cassaforma e i materiali utilizzati internamente. Lo schermo di protezione perimetrale inoltre funge da schermatura per i venti ed è integrato da una scala metallica prefabbricata che si collega a quella realizzata con ponteggio per l'accesso all'ultimo piano di lavoro in fase di realizzazione.

Il sistema auto sollevante della Torre Isozaki è costituito dalla cassaforma autorampante SKE 100 (nuclei e vani ascensori), dallo schermo di protezione perimetrale (wind shield) e dal sistema idraulico di ripresa.

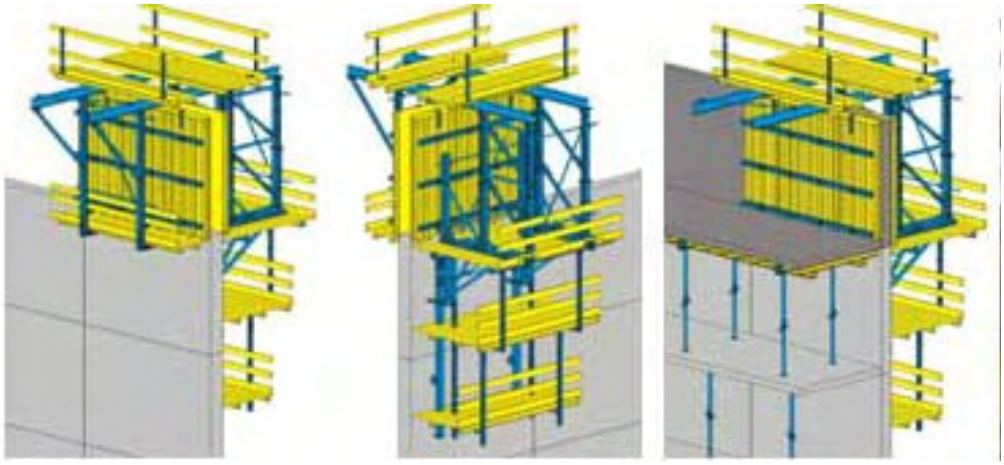


Figura 22: cassaforma autorampante utilizzata nel cantiere Isozaki

Figura 23: schermo di protezione perimetrale (in giallo) installato sulla Torre Isozaki.

Figura 24: Torre Isozaki, è in corso la realizzazione del 13° piano. In giallo, più esterno, lo schermo di protezione perimetrale.

3.3 Criteri condizionanti la scelta

La scelta tecnica dell'utilizzo dei casseri auto sollevanti non è esaustiva, occorre poi intraprendere un ulteriore ragionamento complesso, legato non più solo alla tipologia del manufatto da realizzarsi (torre) e al contesto in cui è inserito / disponibilità di spazi limitrofi, ma al progetto stesso della struttura, la sua forma, la disposizione delle sue componenti e il suo sviluppo. E' bene inoltre valutare il ciclo d'impiego delle gru affinché, in relazione alle diverse esigenze, vi sia sempre una gru disponibile, avente giusta collocazione e idonea portata di carico, senza che si verifichino interferenze con altre gru o altre lavorazioni in quota.

In ultimo, ma non di minore importanza, obbligo dell'impresa affidataria è quello di rispettare i tempi della programmazione dei lavori contrattuale (concordati con la committenza) e della pianificazione operativa, nonché i tempi del ciclo d'impiego delle casseforme a ripresa autosollevanti a movimentazione idraulica, che verranno a determinarsi col funzionamento di questo sistema.

In merito a ciò, in fase di stesura di un programma di lavoro, l'impresa affidataria deve pensare ai possibili imprevisti che potrebbero verificarsi e causare rallentamenti / ritardi nella lavorazione, tenendo conto anche della possibilità del presentarsi di condizioni metereologiche avverse, ecc..

Tutte le osservazioni fin ora riportate riguardano l'aspetto economico / produttivo, ma è obbligo del datore di lavoro dell'impresa affidataria valutare i rischi connessi alla salute e sicurezza degli operatori al fine di operare secondo le modalità che garantiscono la maggior sicurezza possibile in virtù delle conoscenze tecnico / scientifiche raggiunte nel dato periodo storico.

Dall'analisi accurata di tutti questi elementi scaturiscono le diverse scelte in merito all'utilizzo delle casseforme a ripresa autosollevanti. Due sono le soluzioni tecniche possibili:

- sistema in avanzamento (svincola la realizzazione dei nuclei portanti rispetto ai solai);
- sistema in parallelo (vi è vincolo tra solai e pareti, che sono dipendenti tra loro).

3.3.1 L'utilizzo in avanzamento

L'utilizzo del sistema di casseratura in avanzamento prevede che la realizzazione delle pareti (nuclei) sia indipendente da quella dei solai. Si ha pertanto una produzione a cicli sfalsati, poiché al getto delle pareti non corrisponde un immediata o vicina realizzazione del rispettivo solaio: si parla di sistema in avanzamento perché il nucleo (pareti che costituiscono un vano principale, altresì chiamato "core") precede la realizzazione dei solai e, all'atto pratico, in fase di costruzione, avremo un nucleo che si sarà sviluppato per circa 15 – 16 m sopra l' ultima soletta gettata, sarà quindi in avanzamento di circa 4 piani (considerando che ogni piano ha un' altezza di ca. 4 m). I solai possono essere realizzati sia con getto in opera che con lastre prefabbricate e travi. La modalità "in avanzamento", se da una parte permette di svincolare la costruzione in verticale da quella in orizzontale, permettendo così che, se si verificassero imprevisti sulla produzione delle pareti, non occorrerebbe fermare l'intero lavoro sul manufatto, ma si procederebbe con la realizzazione dei solai (e viceversa), dall'altra parte, in merito alla stessa organizzazione del lavoro presenta anche degli svantaggi. L'elemento di maggiore importanza è legato però alla sicurezza dei lavoratori, poiché tra il punto in cui operano gli addetti all'aggancio e sgancio dei casseri del nucleo e il solaio più vicino intercorrono circa 16 metri, devono pertanto essere previste idonee opere provvisionali e idonei punti di accesso. Ulteriore criticità del metodo di casseratura autorampante in avanzamento è il problema degli accessi in quota. Se il nucleo in avanzamento è raggiungibile dal solaio solamente attraverso una attrezzatura provvisionale di servizio, nella fase di ripresa, gli operatori che si trovano sul cassero in avanzamento rimangono isolati in quota, fino al momento in cui non viene ricostruita la scala che raccorda quindi il cassero autosollevante al solaio sottostante.

Il numero dei piani in avanzamento non è fisso, in genere è di 3 – 4 piani, ma dipende sempre dal tipo di costruzione e dalle specifiche circostanze.

Esempio di applicazione del sistema di ripresa autosollevante con nucleo centrale in avanzamento è il grattacielo Cesar Pelli, sito in Porta Nuova Garibaldi, eseguito anch'esso dall'impresa Colombo Costruzioni. La torre sita in Porta Nuova Garibaldi,

di proprietà Unicredit, presenta un solo nucleo, disposto esattamente al centro dell'edificio, costruito in avanzamento rispetto alla posa delle solette.

Figura 25: casseri autosollevanti in avanzamento per la costruzione della torre Pelli di Porta Nuova Garibaldi.

Figura 26: dettaglio nucleo verticale in avanzamento, Torre Pelli.

3.3.2 L'utilizzo in parallelo

Il sistema di ripresa autosollevante in parallelo è basato sul principio dell'esistenza di un vincolo tra solaio e pareti, che sono così dipendenti uno dalle altre. Tale metodologia implica che, se la posa del solaio è in ritardo, anche la costruzione delle pareti viene rallentata, pertanto, se si interrompe la costruzione del solaio, si ferma anche la realizzazione delle pareti e viceversa, cosa che non accade invece col sistema in avanzamento. La casseratura in parallelo prevede un ciclo unico di getto (pareti del core e solai), al limite sfalsato di mezza giornata tra gli elementi verticali e quelli orizzontali. Tale sistema è quello utilizzato nella costruzione della Torre Isozaki. Per ovviare al problema appena descritto, l'impresa affidataria ha suddivido idealmente la torre in due parti speculari, i cui lavori procedono contemporaneamente e in maniera analoga, ma con un leggero sfasamento temporale tra una parte e l'altra (se si dovesse bloccare ad esempio il banchinaggio del solaio sud, si potrebbe comunque procedere a nord con il getto delle pareti e la realizzazione di un nuovo solaio).

La differenza tra i due metodi non è generata dalla tipologia e dall'utilizzo di casseri diversi, quanto piuttosto da tutte la lavorazioni complementari (es. posa in opera del ferro e eventuale lavorazione dello stesso, accessi in quota, ecc..). Sono quindi tutte le attività che precedono, seguono e accompagnano l'installazione dei casseri e la messa in opera che determinano poi la differenza nei tempi, nei costi e soprattutto nelle situazioni di rischio cui sono esposti i lavoratori. La scelta del sistema di ripresa autosollevante è un primo punto di definizione del ciclo di costruzione, che viene poi rivisitato e completato in funzione delle lavorazioni complementari.

Il raccordo tra le pareti verticali e il solaio è sicuramente uno dei problemi maggiori delle costruzioni a grande sviluppo verticale. Le modalità di raccordo tra parete verticale e soletta orizzontale gettata in un secondo tempo (con il sistema di casseratura in avanzamento) prevedono la disposizione nella parete verticale di appositi "manicotti" di raccordo chiamati "stablos", che vengono annegati nel calcestruzzo in corrispondenza dell'intersezione con il solaio perché il raccordo tra i due elementi strutturali avviene in tempi diversi.

Con il metodo di cassaforma in parallelo queste operazioni avvengono invece in contemporanea, pareti e solai vengono realizzati in ciclo continuo con risparmio di tempo e di costo.

L'utilizzo del sistema di ripresa autosollevante in parallelo espone inoltre l'operatore a un rischio di caduta dall'alto che è minore rispetto a quanto previsto dal ciclo delle operazioni del sistema in avanzamento, poiché al massimo si presenterà un dislivello di 4 metri e, in nessuna fase, l'operatore rimarrà in quota a lungo senza possibilità di discesa (come avviene invece con sistema in avanzamento in fase di rampaggio).

Figura 27: casseri auto sollevanti in parallelo nel cantiere Isozaki.

Figura 28: realizzazione di solaio e pareti in contemporanea con utilizzo in parallelo dei casseri.

4. IL SISTEMA DI CASSAFORMA A RIPRESA AUTOSOLLEVANTE

Un sistema di casseratura si definisce autorampante quando la sua movimentazione avviene indipendentemente da mezzi di sollevamento. L'avanzamento graduale delle casseforme in quota non prevede l'ausilio della gru (come accade invece nel "rampante"), ma è sostenuto da un sistema idraulico a pressione.

Tale sistema di martinetti idraulici e valvole, integrato nel sistema di ripresa autosollevante stesso e comandato dagli operatori, consente, a seconda delle fasi di lavoro, l'elevazione delle casseforme che scorrono all'interno di guide ancorate alle pareti costruite sottostanti e la stabilizzazione delle stesse al fine di essere utilizzate per l'edificazione delle pareti dei nuclei verticali della torre.

I sistemi di ripresa, in genere, permettono di realizzare riprese di getto in successione verticale, senza necessità di montare ponteggi di servizio e di protezione, ottenendo quindi cicli di produzione più rapidi ed efficienti. Oltre a risparmi economici e temporali si hanno soluzioni integrate che prevedono sin nel minimo dettaglio l'operatività dell'attrezzatura, rendendo solidali casseforme e piani di lavoro, con i conseguenti miglioramenti in termini di sicurezza ed efficienza.

L'apporto sia in costruzione che in sicurezza dei casseri auto rampanti richiede però un complesso processo in fase preliminare a carico dell'impresa affidataria, che di seguito si vuole ricostruire:

1- valutazione progetto edilizio pre - offerta;

2- scelta dell'utilizzo delle casseforme a ripresa autosollevanti in parallelo (esclusione del tradizionale / del rampante / dell'avanzamento);

3- aggiudicazione dell'appalto;

4- valutazione del metodo autosollevante:

- richiesta di offerta base al fornitore delle attrezzature provvisionali di ripresa, in conformità alle specifiche di costruzione (esempio scala integrata al windshield per 4 piani; braccio pompa baricentrico; progetto di veri e

propri luoghi di lavoro sul cassero es. passerella per montare i tiranti e non una scala);

- esigenza di informare, formare e addestrare squadre specializzate;

5- 1° progetto presentato dal fornitore del sistema (disegno di offerta);

6 - valutazione e osservazione del progetto (in riferimento alle singole componenti del sistema):

- il progetto (del componente) presentato dal fornitore risponde alle richieste dell'impresa: installazione – valutazione – messa in servizio. (Se in queste fase di valutazione compiuta durante la messa in opera si apportano modifiche rispetto al progetto volte alla riduzione dei rischi residui per gli operatori e ad un maggior adattamento alla costruzione, queste dovranno poi essere riportate nel disegno "as built" finale. L'insieme dei disegni di progetto originali mantenuti per alcune componenti e, eventuali "as built" di altri componenti cui sono state apportate modifiche, vanno poi a costituire il progetto definitivo. Il progetto definitivo si otterrà quindi dopo che tutti i componenti saranno stati messi in opera);

- il progetto (del componente) presentato dal fornitore non risponde alle richieste dell'impresa: valutazione – richiesta nuovo progetto al fornitore – progetto del componente modificato- verifica nuovo progetto – ulteriore valutazione – installazione;

7- disegni costruttivi con continue integrazioni;

8- installazione (messa in opera);

9- valutazione rischi / modifiche in fase di installazione (che compariranno nei disegni "as built" allegati al progetto finale);

10- addestramento di squadra specializzata;

11- dichiarazione di corretto montaggio rilasciata dal fornitore: progetto definitivo;

12- messa in servizio del sistema;

13- valutazione del ciclo delle lavorazioni: riduzione rischi residui e modifiche in fase di realizzazione.

Figura 29 (a sinistra): fase di installazione del sistema di casseri auto rampanti, sollevamento e posa delle piattaforme.
Figura 30 (a destra): preassemblaggio a terra dello schermo di protezione perimetrale.

Figura 31: fase di installazione. Sollevamento e posa piattaforma livello +1 con putrelle che costituiscono la vera e propria sospensione del cassero.

4.1 Il progetto del sistema di ripresa presentato dalla società fornitrice

L'impresa affidataria incaricata della realizzazione della torre, una volta individuato il procedimento di costruzione da adottare (le casseforme a ripresa auto sollevanti per la modalità operativa in parallelo), ha richiesto diversi preventivi ad aziende leader mondiali che si occupano di sistemi e tecnologie evolute per l'edilizia. La scelta del partner per la fornitura delle attrezzature, determinata dalle caratteristiche tecniche e dall'utilizzo in sicurezza del sistema presentato, nonché dalla competitività dell'offerta, è ricaduta su un' azienda internazionale per la produzione di attrezzature provvisionali evolute per l'edilizia. Un sistema complesso e molto costoso quale quello delle casseforme autosollevanti in uso presso il cantiere viene noleggiato dall'impresa affidataria: è sviluppato appositamente per lo specifico intervento, tenendo conto delle caratteristiche della costruzione da realizzare ma, avendo struttura composita modulare, i singoli moduli potranno poi essere riadattati e riutilizzati in un nuovo cantiere, anche per la produzione di un manufatto avente diversa forma.

La collaborazione tra società fornitrice del sistema di attrezzature provvisionali di ripresa, i progettisti e le imprese di costruzione assume grande rilevanza, dettando i parametri sulla base dei quali scegliere il sistema rampante / autorampante più idoneo alle specifiche esigenze. I sistemi di ripresa autosollevanti diventano vantaggiosi in situazioni particolari, come la realizzazione di edifici a grandi altezze, opere infrastrutturali rilevanti, cantieri situati in centri metropolitani, o con caratteristiche logistiche complesse.

Dall'analisi degli interventi da realizzare, le disponibilità di spazio e le tempistiche da rispettare, la scelta del sistema è caduta su un modello di "cassaforma di ripresa autosollevante 100", sistema rampante automatico indipendente dalla gru, a movimentazione totalmente idraulica dei moduli e ancoraggio costante alla struttura, che consente di mantenere cicli di lavoro regolari ed efficienti per tutto lo sviluppo dell'opera e con qualsiasi condizione atmosferica. Il numero "100" nella denominazione del sistema corrisponde ai kN di portata di ogni singola mensa.

Il sistema di ripresa autosollevante commissionato dall'impresa affidataria è particolarmente adatto per la costruzione di edifici a grande sviluppo verticale in quanto può sostenere grandi carichi ed è integrato con piattaforme ampie e alte che vanno a costituire delle vere e proprie postazioni di lavoro all'interno del cassero. Come detto in precedenza, gli interventi costruttivi realizzati con il sistema di ripresa autosollevante sono i cavedii centrali (vano scala – ascensore e montacarichi) e i vani per gli ascensori laterali panoramici.

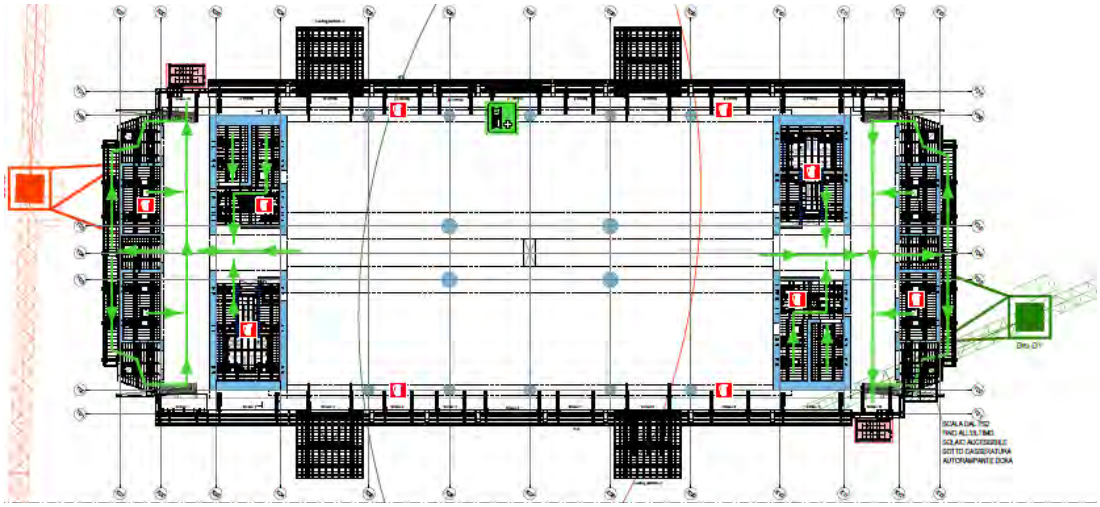


Figura 32: pianta della Torre posizionamento dei casseri autorampanti per realizzazione di cores e ascensori panoramici, così come riportato nelle istruzioni operative.

Il nucleo centrale dell'edifico (central core) prevede l'utilizzo di 16 unità di auto sollevamento, mentre per i vani ascensori esterni ne sono richieste solamente 9. La richiesta maggiore di unità auto sollevanti del nucleo è data dal fatto che esse devono consentire l'elevazione in quota del braccio di distribuzione del calcestruzzo, che trova passaggio nel central core ed è provvisto di baricentro centrale.

La "cassaforma autosollevante 100" si articola su 4 livelli di impalcati di calpestio (ai quali si accede mediante scale metalliche integrate nel sistema) con altrettante piattaforme a costituire postazioni di lavoro. A partire dal livello più basso, si distinguono:

- Livello –2: piattaforma inferiore di servizio per il recupero delle “scarpe” di sospensione delle guide del sistema di ripresa autosollevante alla parete verticale;

- Livello – 1: piattaforma intermedia di manovra, da cui si opera sui meccanismi dell’apparato idraulico per la movimentazione di ogni singola unità di cassero autosollevante. Serve per l’ azione e il controllo sul sistema idraulico, i cilindri per il sollevamento idraulico devono sempre partire allo stesso livello, alla stessa quota, così che venga effettuato il corretto numero di scatti;

- Livello 0: piattaforma operativa, che corrisponde alla quota di getto solaio orizzontale, dove gli operatori agiscono per movimentare il cassero e le elevazioni, nonché per l’armo delle strutture;

- Livello +1: piattaforma di servizio di getto, dalla quale vengono condotte le operazioni di getto del conglomerato cementizio, alimentato da un braccio snodato automontante e ancorato alle strutture, che porta il tratto terminale delle tubazioni in pressione per consentire il getto.

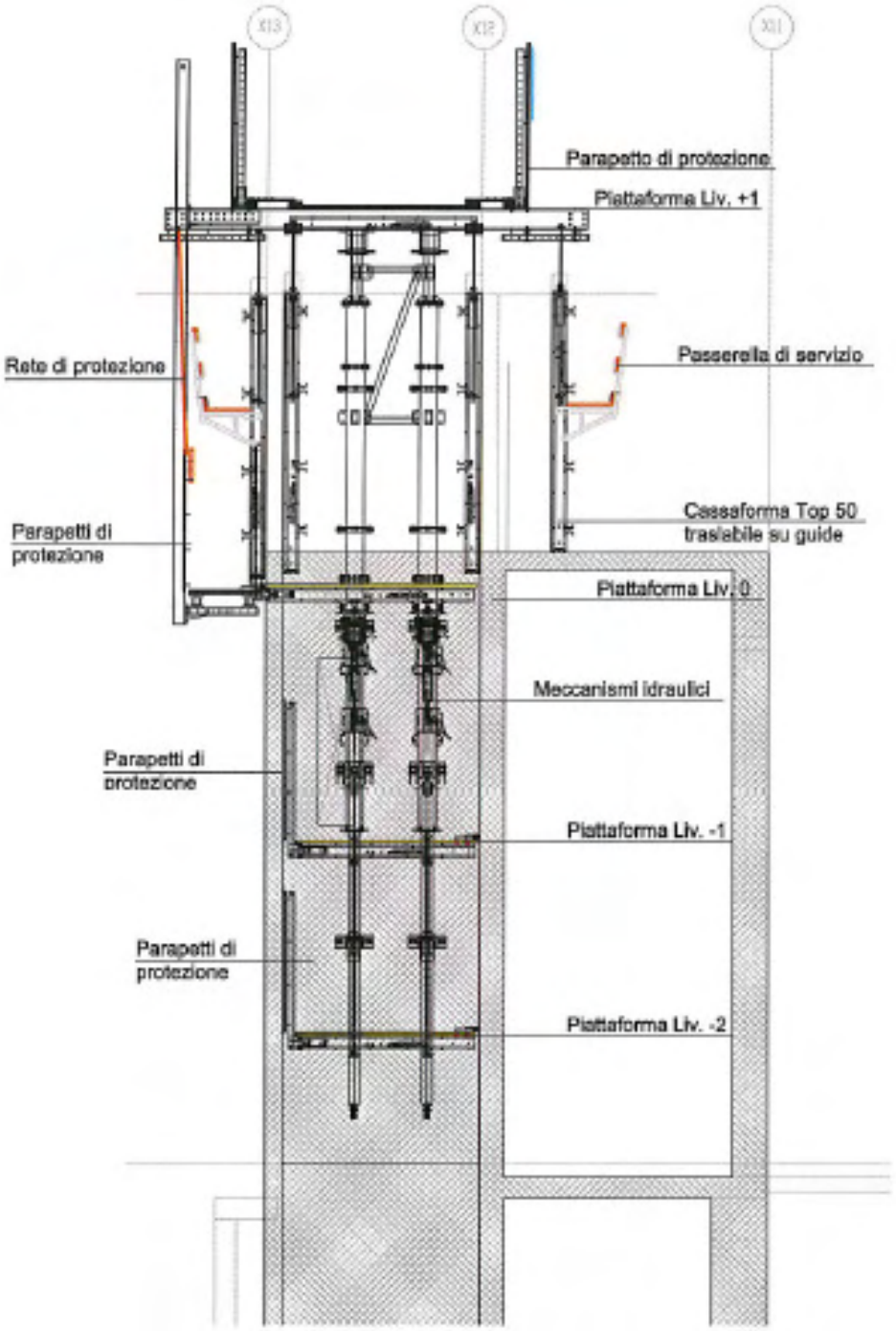


Figura 33: sezione del sistema delle casseforme di ripresa auto sollevanti utilizzate nel cantiere Isozaki. Evidenza dei diversi livelli (piattaforme).

Figura 34: piattaforma livello -1, da cui l'operatore agisce sul sistema idraulico.

Figura 35: scala che collega le varie piattaforme del sistema

Figura 36: centralina idraulica, cuore del sistema autorampante.

Figura 37: cassero autorampante per la realizzazione delle pareti verticali. Dietro il parapetto continuo giallo nella parte superiore vi è la piattaforma a livello +1 per il calo delle gabbie di ferro e il getto.

Figura 38, 39: piattaforma livello +1 da cui avviene la posa delle gabbie di ferro e il getto del calcestruzzo.

Complementare al sistema delle casseforme a ripresa autosollevanti, il progetto prevede uno schermo di protezione perimetrale la cui funzione è quella di fungere da parapetto continuo sul piano di edificio in fase di realizzazione e quello sottostante, oltre a schermare il vento (infatti è anche chiamato wind shield). Come il sistema di casseri autorampanti, anche il wind shield presenta una struttura rigida modulare composita, così da poter essere perfettamente corrispondente alla forma dell' edificio da realizzare; tale schermo è alto circa 8,00 m ed è integrato da un sistema di cilindri idraulici a pressione che ne permettono il sollevamento. Essendo ancorato all'edificio attraverso profili metallici (o barre o guide) che scorrono in appositi coni posti alle estremità dei solai sottostanti, lo schermo di protezione è posto esattamente in corrispondenza del perimetro esterno dell'edificio, pertanto viene utilizzato come parapetto continuo perimetrale per il piano di solaio in fase di realizzazione (in corrispondenza del quale sono posizionati anche i casseri auto rampanti per il getto delle pareti) e per il piano sottostante a questo, ossia dove si sta effettuando la ripuntellazione del solaio.

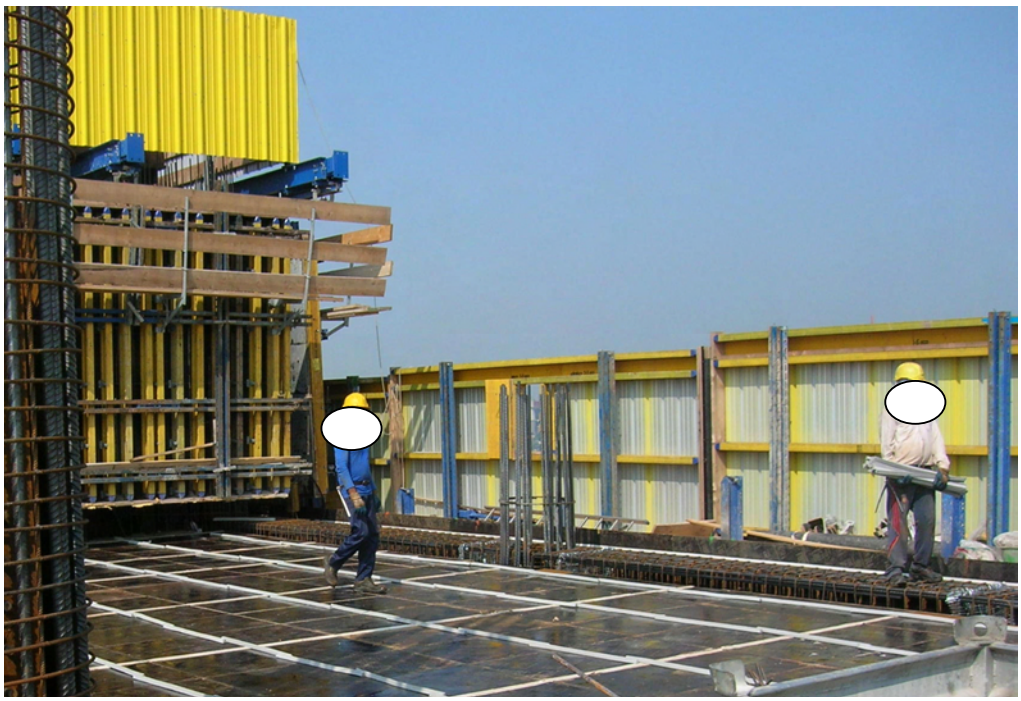


Figura 40: lo schermo di protezione perimetrale funge da parapetto continuo per il solaio in fase di realizzazione.

4.1.1 Descrizione del ciclo d'impiego e delle fasi operative

1 - Fase di rampaggio dello schermo di protezione perimetrale:

Lo schermo di protezione perimetrale è integrato da una scala esterna che consente l'accesso alla quota di lavoro dai due piani sottostanti: raccordandosi poi alla scala costruita con componentidel ponteggio tradizionale, viene a costituirsi il collegamento tra la quota più alta e il livello del solaio d'accesso.

La schermatura perimetrale, composta da moduli preassembalti, è sollevata contestualmente all'avanzamento in quota dei lavori e funge da parapetto continuo per il piano di solaio in fase di getto e quello immediatamente sottostante. Il sollevamento avviene mediante pressione del sistema idraulico o, in alternativa, con l'ausilio di mezzo meccanico (gru).

Lo schermo di protezione è strettamente saldato a profili che scorrono all'interno di scarpe d'ancoraggio ma, se per i casseri queste erano fissate alle pareti verticali sottostanti, per il wind shield esse sono collocate all'estremità perimetrale del solaio, dove si inseriscono nei supporti appositamente creati. In corrispondenza dei solai con maggiore estensione orizzontale, la distanza tra lo schermo e il piano di lavoro (solaio) soprastante è colmata da mensole calpestabili in legname. Le scarpe di ancoraggio delle guide sono fissate ai supporti del solaio orizzontale da perni di sicurezza che non vengono mai rimossi, se non in fase di recupero degli ancoraggi. Le guide del profilo che scorrono nelle scarpe d'ancoraggio, diversamente da quelle delle casseforme, non sono dotate di asole, ma da perni con convessità verso il basso: i cilindri del sistema rampante si raccordano a questi perni e, con progressiva espansione e compressione permettono il sollevamento delle guide e quindi dello schermo. Data la particolare conformazione delle guide, una volta superato ciascun perno con sistema a scatto, è impedita la ridiscesa dello schermo in modo da bloccare e stabilizzare l'elemento in sospensione in corrispondenza delle scarpe d'ancoraggio. La stessa operazione di ripresa è compiuta su tutti i moduli dello schermo, fino al raggiungimento del parapetto perimetrale continuo all'altezza desiderata, dove potrà ora iniziare la fase di armo del solaio. Con lo spostamento verticale del profilo, le scarpe di scorrimento delle guide e i supporti del solaio, che perdono la loro funzione di sostegno, vengono rimosse ed eventualmente riutilizzate ai piani superiori.

2 - traslazione profili rampanti e sollevamento della cassaforma:

l'elemento che conferisce la proprietà ai casseri di autosollevarsi è il meccanismo a pressione idraulica: con la compressione dei cilindri, a seconda che si agisca sulla pressione esercitata dal peso del sistema stesso o sul sollevamento, si procede, rispettivamente, alla rampata del profilo (guide) o della cassaforma stessa. Per poter permettere la salita della cassaforma è necessario che si sia completata l'elevazione del profilo entro cui essa scorre.

Le guide sono barre verticali in acciaio di colore blu, dotate di particolare consistenza. Esse sono ancorate alla parete verticale dei nuclei e dei vani ascensori della costruzione attraverso scarpe d'ancoraggio, a loro volta connesse con i coni a perdere inghisati nel calcestruzzo. Le guide scorrono all'interno delle scarpe di ancoraggio in fase di sollevamento e, al raggiungimento della quota prevista, si inseriscono in ulteriori scarpe d'ancoraggio, alle quali vengono fissate e tenute in posizione di staticità da una leva. Ogni guida, nella parte inferiore terminale è dotata di un particolare dispositivo chiamato distanziatore, che permette di mantenere la giusta distanza tra il profilo e la parete, quindi la perfetta perpendicolarità al solaio sottostante. Le guide sono spinte allo scorrimento nelle scarpe di ancoraggio dalla pressione conferita dall'espansione e compressione dei cilindri o pistoni idraulici, che permettono una corsa di circa 30 cm: una volta effettuata la ripresa e il fissaggio delle guide, si procede all'elevazione del cassero.

I profili sono dotati di asole entro cui si inseriscono i perni del telaio in acciaio cui si raccordano le putrelle che tengono in sospensione le casseforme. La struttura in acciaio che consente il rampaggio della cassaforma si raccorda al profilo ed è stabilizzato in corrispondenza delle scarpe d'ancoraggio da due perni: perno di sicurezza e perno di sospensione. Rimuovendo questi due componenti che raccordano le cassaforme alle scarpe d'ancoraggio, sotto la spinta della pressione dei cilindri telecomandati dagli operatori, i perni del cassero scorrono a scatto entro le asole della guida. Raggiunta la quota prefissata, dove si trova la successiva scarpa d'ancoraggio alla parete, l'elevazione si blocca e vengono inseriti i perni di sicurezza e stabilità: si è così completato il sollevamento di un modulo della cassaforma. La stessa operazione è eseguita sugli altri moduli al raggiungimento della medesima

altezza per tutte le casseforme e viene ripetuta per ogni core da realizzare in ogni piano del grattacielo.

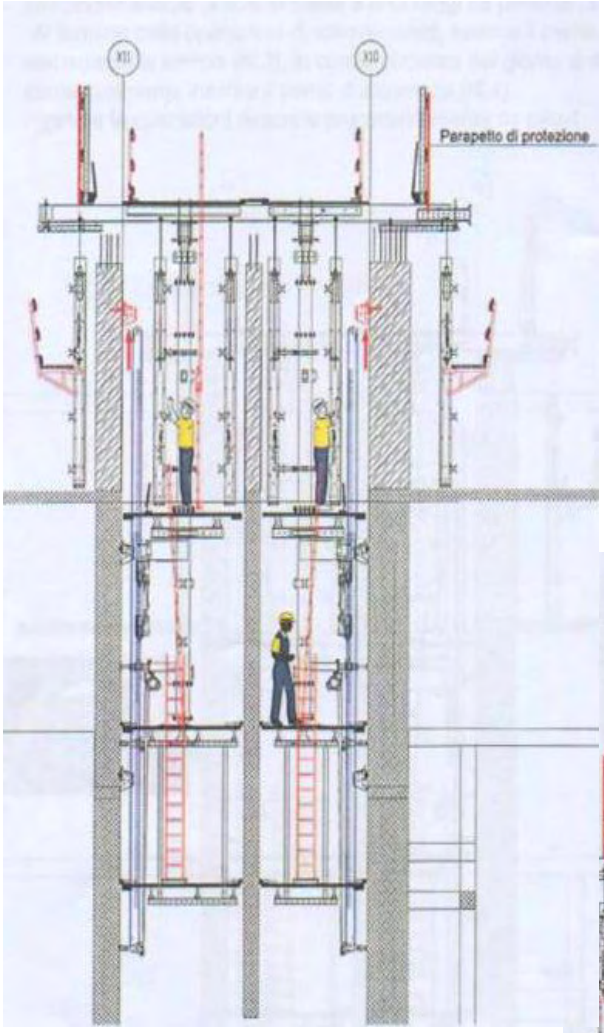
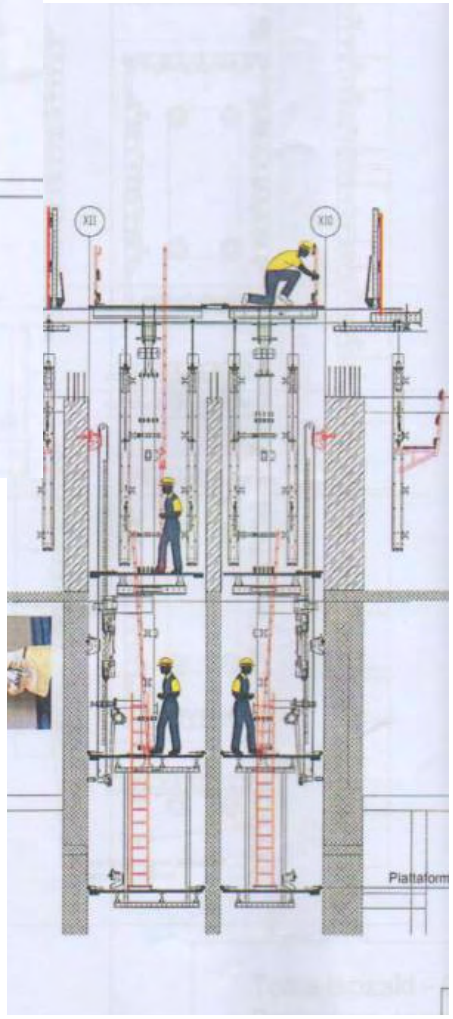


Figura 41, 42: estratto della procedura operativa. Traslazione profili rampanti (a sin) e sollevamento casseforma (sotto).



3 - movimentazione della cassaforma:

Si intendono le fasi di sollevamento e movimentazione del ciclo d'impiego delle unità di cassaforma e delle unità di attrezzatura autosollevante. Durante tale fase operativa, la cassaforma viene stabilizzata per contrastare le sollecitazioni dovute all'azione del vento, in particolare, con vento superiore a 60 Km/h, la cassaforma deve essere assicurata immediatamente in tutte le posizioni, anche quelle transitorie, mediante opportuni componenti. Durante le fasi di sollevamento e di movimentazione del ciclo d'impiego relativo alle attrezzature provvisionali di ripresa, non devono essere presenti attrezzi e/o materiali che non siano vincolati, quindi assicurati dal rischio di caduta dall'alto (ad esempio tiranti, piastre, ecc devono essere riposti in appositi contenitori sulla cassaforma). Al fine di effettuare la movimentazione / sollevamento della cassaforma, è necessario aver posizionato correttamente lo schermo di protezione perimetrale, il cui compito, oltre a fungere da parapetto per il piano di getto del solaio e quello sottostante in cui viene effettuata la ripuntellazione, è quello di fare da schermatura al vento. La fase di "rampata" del cassero deve pertanto essere sempre preceduta dal sollevamento del profilo autosollevante.

4 - fase di armo:

una volta effettuato il sollevamento della cassaforma fino al raggiungimento dell' altezza desiderata, indicata dal regolatore di quota, si procede al blocco del cassero con puntelli telescopici e ne si controlla la verticalità. Il cassero viene pulito nella parte interna per eliminare eventuali residui di calcestruzzo che potrebbero compromettere l'uniformità del getto successivo: per evitare questi inconvenienti, viene nebulizzato del disarmante, utilizzando guanti e occhiali. Si procede all'allestimento, su cassaforma interna, di mensola / piattaforma ribaltabile e, una volta giunte in quota con l'utilizzo della gru le gabbie di ferro pre - assemblate a terra, queste vengono guidate con le funi dall'operatore durante la fase di posa in opera nella cassaforma. I preposti alla posa del ferro utilizzano le passerelle per la posa dotate di parapetto, a cui si accede mediante botola. Da quota solaio si inseriscono invece i coni di ancoraggio sul lato interno della cassaforma e si predispongono le legature del ferro. Una volta inseriti i coni in plastica negli appositi

fori delle casseforme, destinati alla collocazione dei tiranti in ferro a perdere, questi vengono fissati alle casseforme con appositi ancoraggi; lo scopo dei tiranti è quello di far mantenere la corretta distanza tra le due casseforme resistendo alla pressione del calcestruzzo. A questo punto la fase di armo è completata e, dopo aver rimosso le attrezzature di servizio e averle trasportate sull'area di stoccaggio del solaio, la cassaforma è pronta a contenere il getto.

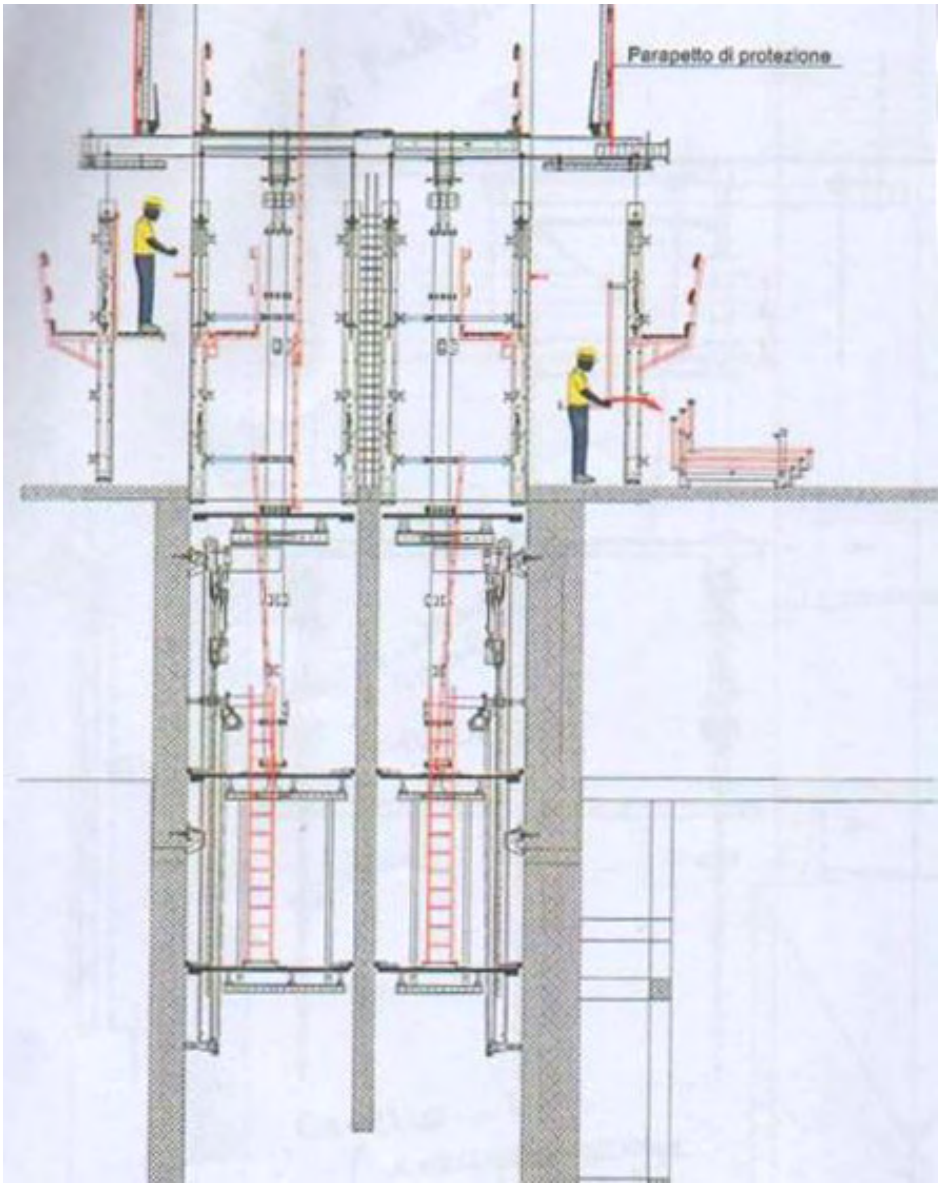


Figura 43: estratto della procedura operativa. Fase di armo delle pareti del core.

5 - fase di getto:

prima di procedere al getto del calcestruzzo, si verifica l'idoneità della piattaforma di lavoro destinata ad ospitare l'operatore, dotata di regolare parapetto, alla quale si deve accedere mediante scala metallica idonea. L'operatore accede quindi alla piattaforma e colloca il tubo per il getto del calcestruzzo in corrispondenza dell'asse della parete. Dopo aver effettuato la gettata e la vibrazione del calcestruzzo, attenendosi alle specifiche istruzioni operative, si procede alla pulizia delle passerelle dai detriti. Il calcestruzzo viene quindi lasciato maturare all'interno della cassaforma finché raggiunge la necessaria consistenza, verificata in laboratorio attraverso prelievi campione in fase di getto. In caso di riscontro positivo alla resistenza del calcestruzzo si può procedere al disarmo dei casseri.

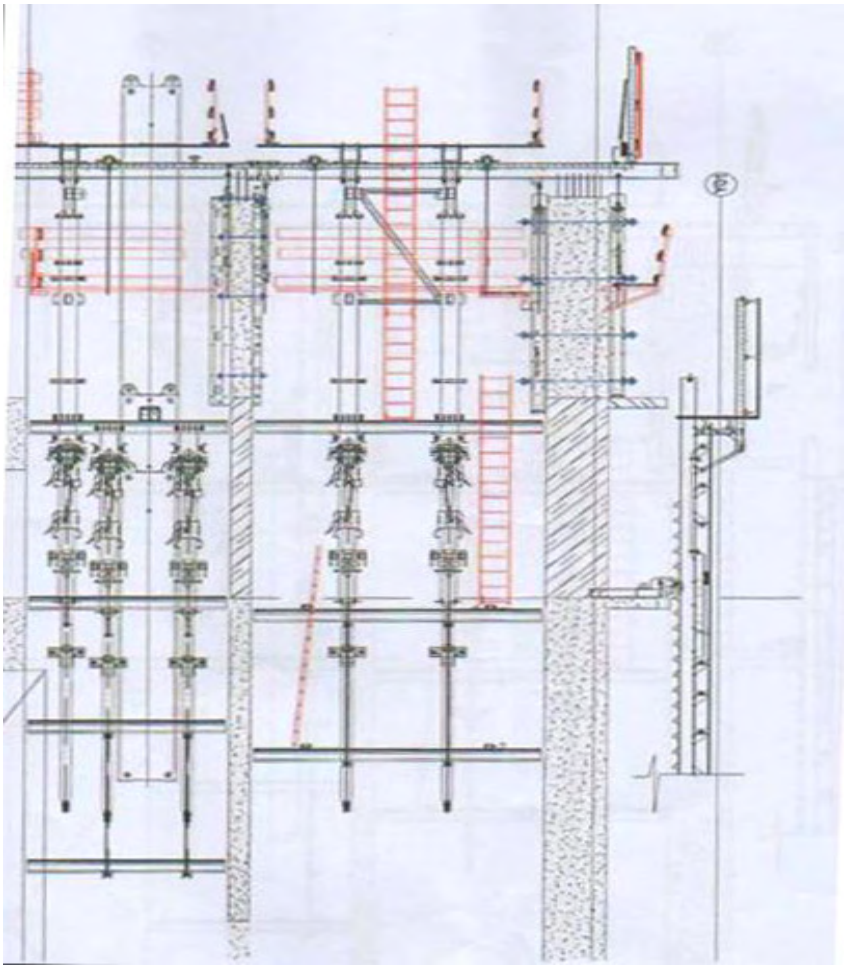


Figura 44: estratto della procedura operativa. Fase di getto delle pareti del core.

6 - fase di disarmo:

si procede gradualmente alla rimozione delle casseforme, togliendo dapprima i tiranti e riponendoli negli appositi contenitori siti sulla piattaforma in modo da evitare il pericolo di caduta di materiali dall'alto. In un secondo momento si rimuovono i puntelli telescopici che bloccavano il cassero. In questo modo la parete appena edificata è liberata dalle casseforme. Un operatore, servendosi di scala metallica portatile rispondente alle norme UNI, posiziona in opera sulla parete la scarpa di sospensione del sistema rampante e ne verifica successivamente l'ancoraggio e la resistenza.

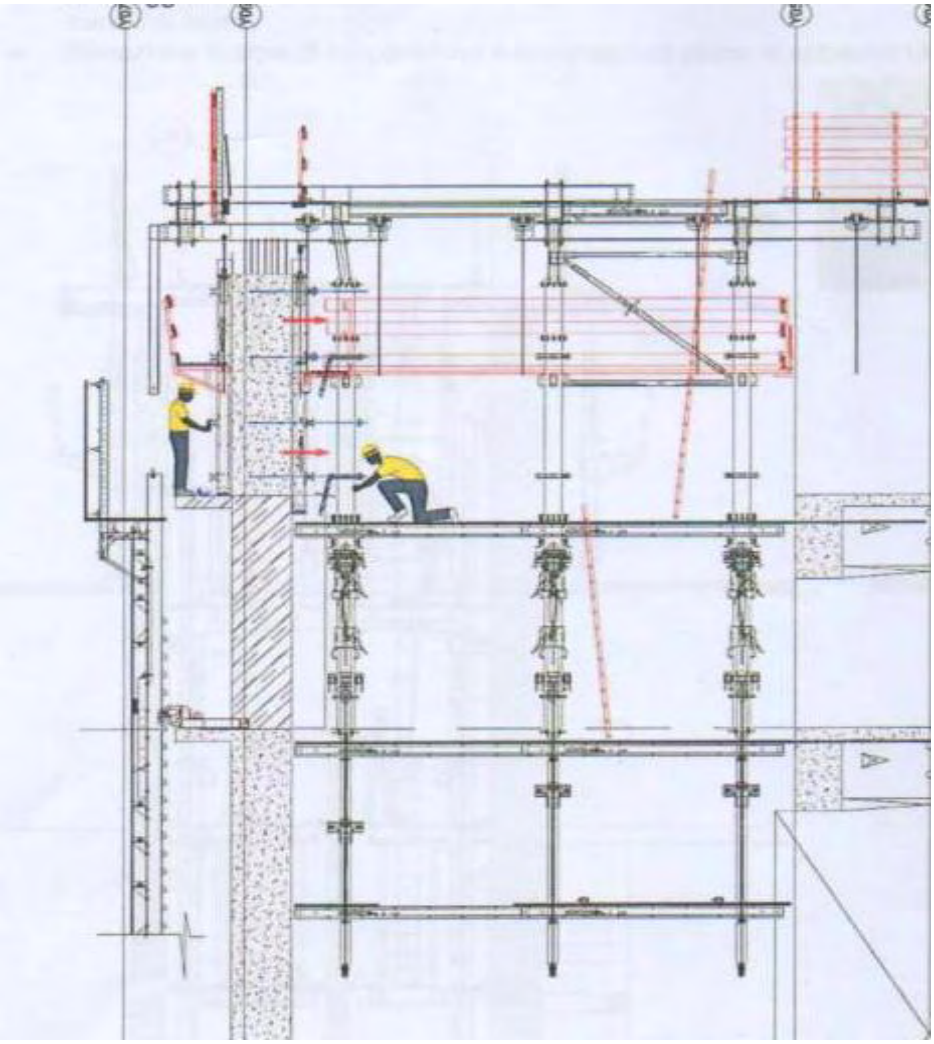


Figura 45: estratto della procedura operativa. Fase di disarmo.

4.2 Progressiva riduzione del rischio residuo

Tra le misure generali di tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori nei luoghi di lavoro rientrano "la valutazione di tutti i rischi per la salute e la sicurezza …. l'eliminazione dei rischi e, ove ciò non sia possibile, la loro riduzione al minimo in relazione alle conoscenze acquisite in base al progresso tecnico ….. la riduzione dei rischi alla fonte ….. la sostituzione di ciò che è pericoloso con ciò che non lo è, o è meno pericoloso … informazione e formazione adeguata per lavoratori, dirigenti e preposti …… ". [7] La valutazione di tutti i rischi e la conseguente elaborazione del documento di valutazione è un obbligo non delegabile del datore di lavoro.

La scelta dell'utilizzo del sistema di casseforme autosollevanti è il risultato di un'attenta valutazione dei rischi in merito agli interventi da realizzare e alle lavorazioni previste. Nello specifico, l'utilizzo del sistema autosollevante si propone di ridurre l'esposizione al rischio di caduta dall'alto dei lavoratori e alla continua movimentazione di carichi sospesi, sebbene sussistano comunque rischi residui che devono essere valutati e ridotti.

L'impresa affidataria, fin dal momento della progettazione del sistema, ha continuamente proposto modifiche atte ad incrementare la sicurezza per gli operatori. Tra le modifiche apportate, le più significative sono emerse in corso d'opera: ogni qual volta si ritenga che l'operatore possa essere esposto a un rischio o che vi sia una modalità operativa alternativa a quella in uso, garante di maggior sicurezza, compito dell'impresa affidataria è quello di adottare nuove misure di prevenzione e protezione volte ad aumentare il livello di sicurezza. Tali misure possono essere di natura organizzativa, di revisione del processo lavorativo o di introduzione di nuove procedure operative di sicurezza.

4.2.1 Modifiche in fase progettuale

Il progetto del sistema di casseforme autosollevanti e del relativo wind shield, è stato commissionato dall'impresa affidataria al fornitore; all'atto della commessa,

[7] Art. 15 D. Lgs. 81/08, principi generali di tutela.

l'impresa ha richiesto la realizzazione di un prodotto che, pur avendo struttura modulare, quindi riadattabile, sia perfettamente idoneo allo specifico intervento da effettuare, tanto nell'adattamento alla forma quanto nelle modalità di impiego. Il progetto si sviluppa quindi da un'attenta collaborazione tra l'impresa affidataria e il fornitore.

Durante la progettazione è richiesto un notevole impegno nello studio dei particolari del sistema atti alla realizzazione dei dettagli costruttivi. In questa prima fase si è reso necessario analizzare nel dettaglio le singole componenti così da poter correttamente adattare tra loro i vari moduli ed integrarli con gli appositi dispositivi di protezione collettiva (parapetti), tenendo quindi già in considerazione le operazioni da compiersi da parte dei lavoratori nelle diverse fasi di realizzazione, senza dimenticare il problema degli accessi e dell'individuazione di postazioni di lavoro sicure in quota.

Le modifiche apportate al sistema in fase progettuale fanno già parte del processo di valutazione dei rischi compiuto dall'impresa: solamente avendo un sistema studiato in ogni singola componente e in ogni fase della sequenza lavorativa è possibile garantire un elevato livello di sicurezza dei lavoratori.

Sul progetto vengono quindi valutati ed effettuati sia "interventi di adeguamento" da parte del progettista a quanto richiesto dall'impresa, sia modifiche per cercare di ridurre i potenziali rischi residui. Il prodotto risultante da questa fase di valutazione e studio pre – installazione ha consentito all'impresa affidataria di progettare una sequenza standardizzata delle lavorazioni, valutando dal punto di vista della sicurezza ogni singola fase.

Le eventuali modifiche al progetto originario delle singole componenti del sistema autorampante devono essere documentate e tenute agli atti sottoforma di "disegni as built". Questi disegni sono parte integrante del progetto finale.

Un esempio di modifica al sistema risultante da una valutazione in fase progettuale di ricostruzione della sequenza lavorativa è l' adeguamento delle armature del ferro del core alle putrelle del cassero, per permettere la posa in opera con gru delle gabbie prefabbricate: le gabbie d'armatura sono state modificate nella forma rispetto a quanto previsto nel progetto originario, in modo da poter essere calate agevolmente

dalla gru all'interno del cassero, senza che tale operazione venga impedita dalle putrelle che tengono in sospensione la cassaforma.

4.2.2 Modifiche in fase avanzata

Alle modifiche in fase progettuale seguono ulteriori modifiche effettuate all'atto della messa in opera (installazione) del sistema, al fine di adeguarlo al meglio alla costruzione e garantirne efficiente funzionamento nel corso dell'intero ciclo di utilizzo, contrastando eventuali rotture / cedimenti. In questa fase sono state sostituite, ad esempio, alcune guarnizioni del sistema idraulico con altre più spesse e resistenti: anche per questa semplice ma importantissima modifica deve essere realizzato un disegno "as built" che vada ad integrare il progetto definitivo.

Il sistema di casseforme autosollevanti è stato installato e messo in servizio dall'impresa produttrice, così come previsto da contratto. La fase d'installazione del sistema autorampante (quindi profili, casseri, piattaforme di lavoro, parapetti, schermo perimetrale, ecc..) ha richiesto un notevole rallentamento nei lavori di innalzamento della torre, compensato da un'accelerazione dei lavori per la realizzazione della piastra.

I casseri autorampanti sono stati installati sul 4° piano fuori terra e il fornitore, come previsto da contratto, ha presenziato all'esecuzione delle prime cinque rampate (5 piani in innalzamento) assistendo direttamente l'impresa esecutrice scelta per operare sul sistema ed effettuando così un vero e proprio "addestramento on the job".

In questa fase sono state effettuate alcune modifiche atte ad eliminare o ridurre i rischi residui riscontrati in fase di lavorazione o anche per agevolare il lavoro in sicurezza degli operatori. Appurato il corretto funzionamento del sistema e della sequenza lavorativa attuata dai lavoratori specializzati, una volta avvenuta la presa in carico del sistema da parte dell'impresa affidataria, la società fornitrice effettua solamente controllo e manutenzione ordinaria e straordinaria.

Le modifiche apportate durante l'utilizzo delle casseforme auto rampanti, non sono riferite tanto al sistema che, una volta installato e collaudato, funziona in modo standardizzato, quanto piuttosto all' adozione di nuove misure legate allo

svolgimento delle lavorazioni complementari alla casseratura, al fine di ottimizzarne l'efficacia e soprattutto la sicurezza dei lavoratori.

4.3 Esigenza di personale idoneo e specializzato

L'impresa affidataria, in fase di valutazione del rischio, ha previsto che tale sistema di costruzione dovesse essere utilizzato da personale in grado di gestirlo nel migliore dei modi dal punto di vista della produttività e della sicurezza. La scelta dell'impresa esecutrice dei lavori è ricaduta su un'impresa specializzata nelle lavorazioni di casseratura e posa ferri e con personale addetto avente sufficiente esperienza lavorativa. In accordo con l'impresa, si è scelto poi di formare delle squadre di lavoratori addetti all'utilizzo delle casseforme a ripresa autosollevanti che abbiano ricevuto una formazione specifica adeguata all'utilizzo dei casseri rampanti e adeguato addestramento.

Le squadre specializzate, lavorano esclusivamente sulla torre in corrispondenza del piani in fase di realizzazione, seguendo le procedure standardizzate che sono state loro illustrate, consapevoli degli eventuali rischi cui potrebbero essere esposti nel compiere operazioni non previste o non rispettando le modalità operative stabilite.

4.3.1 Informazione – formazione – addestramento

Nel cantiere Isozaki, ogni lavoratore che accede al sito è in possesso di attestati di informazione e formazione in materia di salute e sicurezza sul lavoro, requisito essenziale per poter consentirne l'accesso in cantiere.

L'impresa affidataria effettua un breve momento di formazione diretta ai lavoratori al primo accesso in cantiere, mostrando loro in breve il layout del cantiere e illustrando il piano di emergenza, nonché sottolineando l'importanza dell'utilizzo dei DPI.

I lavoratori dell'impresa esecutrice che utilizzano i casseri auto rampanti hanno ricevuto una formazione specifica sui rischi presenti nel corso delle proprie

lavorazioni e le conseguenti misure adottate per prevenirli. A tale scopo le squadre di lavoratori destinate ad utilizzare le casseforme autosollevanti sono state sottoposte ad un programma di addestramento curato dalla società fornitrice delle attrezzature provvisionali di ripresa, che si è svolto parte in aula, con lezioni teoriche inerenti le componenti del sistema e i possibili rischi per la sicurezza dei lavoratori, ma soprattutto sul campo.

La parte teorica di formazione, svolta presso gli uffici del cantiere, ha riguardato i seguenti argomenti [8]:

- illustrazione e spiegazione delle procedure operative per l'impiego del sistema autosollevante SKE 100 plus;
- richiamo all'obbligo che solo gli operatori informati e formati possono eseguire le operazioni di rampaggio del sistema;
- richiamo alle regole generali di controllo e verifica all'idoneità di tutti i componenti del sistema autorampante;
- controlli e soluzioni da effettuare prima del sollevamento;
- verifiche per controllo funzionamento centralina idraulica.

Al termine della parte teorica è stato rilasciato ai partecipanti un attestato di partecipazione al "corso per il corretto utilizzo del sistema autorampante SKE 100 plus" e, analogamente, al "corso per il corretto utilizzo del sistema di movimentazione idraulica dello schermo di protezione X climb 60".

CORSO DOKA

ATTESTATO DI PARTECIPAZIONE

Il Sig. [redacted]

in data 16 Marzo 2013 e 7 Maggio 2013, presso il cantiere Torre Isozaki - Milano, ha partecipato al seguente corso

"Corso per il corretto utilizzo del sistema Autorampante SKE100 Plus"

approfondendo gli argomenti inerenti alle tecnologie di casseratura specificamente trattati.

Figura 46: attestato di partecipazione al corso rilasciato agli addetti che operano sul sistema autorampante da parte del fornitore del sistema.

[8] Contenuti estratti dal "verbale di addestramento teorico sull'impiego del sistema auto rampante SKE 100 plus" del 07/05/2012 , redatto e firmato dal responsabile dell'impresa costruttrice del sistema presente in cantiere e preposto alla formazione e all'addestramento delle squadre specializzate.

L’addestramento sul campo (“on the job”) consiste nell’assistenza diretta allo svolgimento di n ° 5 “step di ripresa” da parte dei fornitori del sistema; tali operazioni, definite “rampate in affidamento obbligatorio”, hanno il duplice scopo di istruire direttamente i futuri utilizzatori del sistema (che lo prenderanno in uso dall’impresa affidataria mediante consegna ufficiale) circa le corrette operazioni da compiersi, al fine di utilizzare il sistema in modo sicuro ed efficiente, ma anche di fungere da “collaudo del sistema”, per individuare eventuali punti critici nel suo funzionamento.

Durante le rampate effettuate nel periodo di addestramento, la società fornitrice del sistema di ripresa ha proceduto ad una verifica pratica dell’apprendimento sul corretto utilizzo in fase di traslazione, sottoponendo al personale domande atte a verificare che lo stesso abbia ricevuto e compreso le indicazioni corrette sulle operazioni da eseguire. Al riscontro del corretto apprendimento delle modalità operative, al personale preposto ad operare sulle casseforme a ripresa autosollevanti è stata rilasciata la “licenza operativa”. Solamente chi ha ricevuto tale attestato può operare sul sistema di casseri auto rampanti ed effettuarne la traslazione.

L’addestramento dell’impresa esecutrice si basa sull’acquisizione e assimilazione delle corrette procedure operative, che consentono di svolgere ogni singola fase lavorativa con una sequenza standardizzata di operazioni, senza lasciare nulla al caso proteggendo così il lavoratore da gran parte dei rischi.

L’impresa costruttrice rimane comunque in servizio presso il cantiere per l’intera esecuzione dell’opera al fine di poter intervenire sul sistema con manutenzione ordinaria / straordinaria e per poter supervisionare l’operato dell’impresa che utilizza le casseforme. Gli interventi di manutenzione sono tutti a carico dell’impresa fornitrice, l’unico compito di “manutenzione” affidato alle squadre specializzate è il controllo del livello dell’olio nella centralina, al fine di poter sempre raggiungere la pressione ottimale necessaria all’elevazione delle casseforme e dello schermo perimetrale (wind shield).

4.3.2 La checklist di verifica e controllo

Nell'ambito della standardizzazione delle operazioni da compiere inerenti all'utilizzo delle casseforme auto rampanti, la società fornitrice del sistema ha elaborato, all'atto dell'addestramento del personale specializzato, una checklist sull'utilizzo del cassero rampante, meglio definibile come "scheda registrazione controlli in opera del rampante". La checklist si riferisce all'intero ciclo di lavorazione che coinvolge le casseforme a ripresa autosollevanti; maggiore attenzione è dedicata alle operazioni che richiedono l'azione sul sistema rampante (accensione centralina idraulica - sollevamento profili del rampante – sollevamento piattaforme – spegnimento centralina idraulica).

Tale checklist non rappresenta un elenco delle operazioni da compiersi, non è la sequenza delle istruzioni operative per operare sul cassero, bensì riporta "step by step" i controlli da effettuarsi sulle lavorazioni appena terminate: il lavoratore, dopo aver effettuato ogni singola operazione sul sistema autosollevante, verifica, avvalendosi della checklist, che l' intervenuto svolto sia conforme a quanto previsto nelle istruzioni operative. La "scheda controllo lavorazione" messa a disposizione dal fornitore e condivisa dall'impresa affidataria e dall' impresa esecutrice operante sul sistema, è strumento indispensabile per l'esecuzione in sicurezza delle lavorazioni. Solamente se i controlli eseguiti al termine di ogni singola fase di lavorazione sono conformi, si può procedere con l'operazione successiva. Per ogni lavorazione elencata nella check list viene indicata la frequenza con la quale effettuare il controllo, la caratteristica specifica da controllare e il criterio di valutazione della conformità. La scheda di registrazione viene aggiornata ad ogni controllo con l'esito (conforme o non conforme) e la data e il nominativo di chi lo ha eseguito.

Utilizzo cassero rampante Doka

COMMESSA: TORRE ISOZAKI		MOD. SCL-DOKA-C
APPALTATORE: COLOMBO COSTRUZIONI	IMPRESA ESECUTRICE: _____	del
SCHEDA REGISTRAZIONE CONTROLLI IN OPERA - RAMPANTE SKE		Scheda n° ___ di ___
		pag. 1 di 2

OPERA: OPERE STRUTTURALI DELLE TORRE Tca

PARTE DI OPERA: STRUTTURE IN ELEVAZIONE: _____

Elaborato di riferimento:

SCHEDA CONTROLLO LAVORAZIONE					ESITO DEL CONTROLLO				
DESCRIZIONE LAVORAZIONE DA CONTROLLARE	CLASSE CONTR.	CARATTERISTICA DA CONTROLLARE N°) DESCRIZIONE	FREQUENZA	Criterio valutazione conformità	CONFORME	NON CONFORME	Data	Nome e Firma esecutore controllo	NOTE e ALLEGATI
1. Maturazione cls	In produzione	1) Resistenza cls	Prima di ogni rampata	TCA-TA-C-ST-REL- 010-A				(GC)	
2. Disarmo cassaforma	In produzione	1) Elementi sporgenti	Ogni parete	Assenza elementi sporgenti da pareti TCA-TA-C-ST-REL- 010-A					
3. Pulizia cassaforma	In produzione	1) Materiale libero su pianali	Ogni parete / pianale	Pulizia pianali senza materiale con rischio di caduta					
4. Scarpetta di sospensione	In produzione	1) Serraggio cono ancoraggio	Ogni scarpetta	Angolo cono-parete=90°+/-2° Tolleranza planoaltimetrica=+/- 10mm					
		2) Montaggio scarpetta		Come da progetto					
		3) Verticalità scarpetta		Come da progetto					
		4) Serraggio scarpetta		Serraggio vite					
5. Accensione centralina idraulica	In produzione	1) Prolunga cavo elettrico	Ad ogni accensione	Prolunga sufficiente per sollevamento					
		2) Radiocomando		Batteria carica					
		3) Anomalie		Assenza anomalie segnalate da spie					
		4) Abilitazione sollevamento		Riscaldamento olio avvenuto					
		5) Perdite olio		Assenza perdite olio					
6. Sollevamento profilo rampanta	In Produzione	1) PROFIL	Ad ogni sollevamento	Posizionamento leva "PROFIL"					Fig. 6.1
		2) Rubinetti circuito		Apertura circuito dei cilindri da attivare					Fig. 6.2
		3) Scarpetta appoggio		Scarpetta appoggio verticale					Fig. 6.3
		4) Sollevamento profili		Sollevare profili fino a 10 cm sotto la scarpetta superiore					Fig. 6.4
		5) Chiusura rubinetti		Chiudere rubinetti ad esclusione di quello che attiva il profilo su cui si sta agendo					Fig. 6.5
		6) Rimozione cuneo sicurezza		Rimozione cuneo su profilo rampante					Fig. 6.4
		7) Profili in scarpetta sospensione		Inserire il profilo su scarpetta di sospensione					Fig. 6.7
		8) Inserimento cuneo sicurezza		Inserire cuneo su profilo rampante					Fig. 6.7
		9) Abbassamento profilo		Abbassamento fino a che cuneo non appoggia su scarpetta					Fig. 6.9
		10) Chiusura circuito rampante		Chiudere rubinetto circuito rampante					Fig. 6.5
		11) Ripetizione operazioni 5-9							
		12) Smontaggio scarpette ancoraggio		Smontare scarpette inferiori libere					Fig. 6.12
		13) Fissaggio scarpette appoggio		Fissare le scarpette di appoggio inferiori					Fig. 6.13

Fig. 6.1

Fig. 6.2

Fig. 6.3

Fig. 6.4

Fig. 6.5

Fig. 6.7

Fig. 6.9

Fig. 6.12

Fig. 6.13

Utilizzo cassero rampante Doka

COMMESSA: TORRE ISOZAKI

MOD. SCL-DOKA-C

del

pag. 2 di 2

SCHEDA REGISTRAZIONE CONTROLLI IN OPERA - RAMPANTE SKE

SCHEDA CONTROLLO LAVORAZIONE					ESITO DEL CONTROLLO				
DESCRIZIONE LAVORAZIONE DA CONTROLLARE	CLASSE CONTR.	CARATTERISTICA DA CONTROLLARE N°) DESCRIZIONE	FREQUENZA	Criterio valutazione conformità	CONFORME	NON CONFORME	Data	Nome e Firma esecutore controllo	NOTE e ALLEGATI
7. Sollevamento piattaforme	In Produzione	1) PLATFORM	Ad ogni sollevamento	Posizionamento leva "PLATFORM"					
		2) Viti carrello appoggio		Allentamento viti					Fig. 7.2
		3) Rimozione perni sicurezza rossi							Fig. 7.3
		4) Apertura rubinetti		Apertura rubinetti dei circuiti da attivare					
		5) Inizio rampata		Dopo 2-3- corse rimuovere perni sospensione					Fig. 7.5
		6) Rampata piattaforma		Rampare fino al cuneo posto sul profilo rampante					Fig. 7.6
		7) Rimontaggio perno		Rimontaggio perno sulla successiva scarpetta di sospensione					Fig. 7.7
		8) Abbassamento piattaforma							
		9) Montaggio perni sicurezza rossi							Fig. 7.9
		10) Chiusura circuito rampante		Chiudere circuito della parte da sollevare					
		11) Viti carrello d'appoggio		Avvitare viti contro la parete					Fig. 7.11
8. Spegnimento centralina idraulica	In produzione	1) Scarico pressione	Alla fine del sollevamento	Assenza elementi sporgenti da pareti					
		2) Spegnimento centralina							

Fig. 7.2

Fig. 7.3

Fig. 7.5

Fig. 7.6

Fig. 7.7

Fig. 7.9

Fig. 7.11

Approvazione scheda di controllo tipologica		Scheda di controllo di cantiere	Verifica completezza Scheda di controllo di cantiere
Lettera CYL-DTC-13-U-0132		Compilazione (Impresa Esecutrice)	VERIFICA CHIUSURA (CQ dell'Appaltatore)
Del	DATA		
25/02/2013	FIRMA		

Figura 47: scheda di controllo lavorazioni (checklist) fornita all'impresa dal fabbricante del sistema.

5. RIFERIMENTI NORMATIVI

5.1 Il Decreto Legislativo 81/08:Titolo IV

Il Decreto Legislativo 81/08, Testo Unico per la Salute e Sicurezza nei Luoghi di Lavoro, dedica il Titolo IV ai "cantieri temporanei o mobili", ossia "qualunque luogo in cui si effettuano lavori edili o di ingegneria civile: lavori di costruzione, manutenzione, riparazione, demolizione, conservazione, risanamento, ristrutturazione o equipaggiamento, la trasformazione, il rinnovamento o lo smantellamento di opere fisse, permanenti o temporanee, in muratura, in cemento armato, in metallo, in legno o in altri materiali, comprese le parti strutturali delle linee elettriche e le parti strutturali degli impianti elettrici, le opere stradali, ferroviarie, idrauliche, marittime, idroelettriche e, solo per la parte che comporta lavori edili o di ingegneria civile, le opere di bonifica, di sistemazione forestale e di sterro. Sono, inoltre, lavori di costruzione edile o di ingegneria civile gli scavi, ed il montaggio e lo smontaggio di elementi prefabbricati utilizzati per la realizzazione di lavori edili o di ingegneria civile". [9]

All' Art.89 del D. Lgs. 81/08 vi è l'individuazione delle figure operanti presso il cantiere che rivestono un ruolo ai fini della sicurezza e della salute dei lavoratori: partendo dal committente "soggetto per conto del quale l'intera opera viene realizzata, indipendentemente da eventuali frazionamenti nella sua realizzazione" e il responsabile dei lavori, sono poi elencati e definiti i soggetti che sono effettivamente presenti presso il cantiere, quindi il coordinatore in materia di sicurezza e di salute durante la progettazione dell'opera (CSP) e durante la realizzazione della stessa (in fase di esecuzione, CSE), l'impresa affidataria, le impresa esecutrici, i lavoratori autonomi e tutti gli altri lavoratori che accedono al cantiere. Ogni impresa ha poi un'organizzazione interna che individua le proprie figure relative alla sicurezza nel datore di lavoro e dirigente, il Servizio Prevenzione e Protezione, i preposti, il Medico Competente, i lavoratori e il rappresentante dei lavoratori per la sicurezza.[10]

[9] Art.89 comma 1, lettera a), D. Lgs. 81/08 e rispettivo Allegato X.
[10] Titolo I "Principi Comuni", D. Lgs. 81/08.

L'impresa affidataria operante presso un cantiere è l'impresa titolare del contratto d'appalto con il committente che, nell'esecuzione dell'opera appaltata, può avvalersi di imprese subappaltatrici o di lavoratori autonomi. Le imprese effettivamente operanti in cantiere sono le imprese esecutrici, che eseguono un'opera o parte di essa impegnando proprie risorse umane e materiali.

L'obbligo della vigilanza in merito ai regimi d'appalto e subappalto rimane comunque sempre in carico alla committenza, che deve verificare l'idoneità tecnico professionale delle imprese affidatarie, delle imprese esecutrici e dei lavoratori autonomi. Ulteriore obbligo fondamentale del committente è la nomina del Coordinatore della Sicurezza in fase di progettazione (CSP) ed in fase di esecuzione (CSE), quando nel cantiere è prevista la presenza di più imprese esecutrici, anche non contemporanea.

Il CSP, durante la progettazione dell'opera e comunque prima della richiesta di presentazione delle offerte, redige il Piano di Sicurezza e Coordinamento e predispone il fascicolo tecnico dell'opera. Il CSE invece è protagonista in una fase successiva, ossia durante lo svolgimento vero e proprio delle lavorazioni; il suo compito è quello di verificare, mediante opportune azioni di coordinamento e controllo, l'applicazione, da parte delle imprese esecutrici e dei lavoratori autonomi, delle disposizioni loro pertinenti contenute nel Piano di Sicurezza e Coordinamento, nonché verificare l'idoneità dei Piani Operativi di Sicurezza delle singole imprese, assicurandone la coerenza con quanto contenuto nel PSC.

L'impresa affidataria riveste un ruolo fondamentale all'interno del cantiere, pertanto deve adempire a specifici obblighi previsti dal D. Lgs. 81/08, nello specifico all'Art.97 dello stesso.

5.1.1 Obblighi del datore di lavoro dell'impresa affidataria

"Il datore di lavoro dell'impresa affidataria verifica le condizioni di sicurezza dei lavori affidati e l'applicazione delle disposizioni e delle prescrizioni del piano di sicurezza e coordinamento. Gli obblighi derivanti dall' Art. 26 (obblighi connessi ai contratti d' appalto o d'opera o di somministrazione), sono riferiti anche al datore di

lavoro dell'impresa affidataria. Il datore dell'impresa affidataria deve inoltre: coordinare gli interventi di cui all'Art. 95 (Misure generali di tutela) e 96 (obblighi dei datori di lavoro, dei dirigenti e dei preposti); verificare la congruenza dei Piani Operativi di Sicurezza (POS) delle imprese esecutrici rispetto al proprio, prima della trasmissione dei suddetti piani operativi di sicurezza al coordinatore per l'esecuzione; in relazione ai lavori affidati in subappalto,ove gli apprestamenti, gli impianti e le altre attività siano effettuati dalle imprese esecutrici, l'impresa affidataria corrisponde ad esse senza alcun ribasso i relativi oneri della sicurezza. Per lo svolgimento delle attività di cui al presente articolo , il datore di lavoro dell'impresa affidataria, i dirigenti e i preposti devono essere in possesso di adeguata formazione".[11]

In generale, nella gestione del cantiere, l'impresa affidataria, avvalendosi della collaborazione con il Coordinatore per la Sicurezza in fase di Esecuzione, ha l'obbligo di valutare e gestire tutti i possibili rischi per la salute e la sicurezza degli operatori, con particolare riguardo all'attività di sorveglianza e gestione sulle imprese esecutrici, la gestione degli spazi comuni e la suddivisione stessa degli spazi d'azione delle singole imprese, al fine di evitare possibili interferenze. L'impresa affidataria ha altresì il compito di predisporre i percorsi (pedonali e carrabili), gli accessi e mantenere liberi i passaggi (specie quelli preposti a vie di esodo o accesso dei mezzi di soccorso), nonché richiamare all'ordine eventuali imprese o lavoratori autonomi che non rispettano quanto previsto e adottato nel proprio POS e nel PSC, sia relativamente all'utilizzo di opere provvisionali, che DPI, che sequenza delle lavorazioni.

5.1.2 I documenti di cantiere

NOTIFICA – POS – PROCEDURE OPERATIVE

La Notifica preliminare è redatta dal committente o dal responsabile dei lavori e deve essere trasmessa prima dell'inizio dei lavori all'Azienda Sanitaria Locale e alla Direzione provinciale dei Lavori territorialmente competenti. In merito al cantiere

[11] Art. 97, D. Lgs. 81/08 "Obblighi del datore di lavoro dell'impresa affidataria"

Torre Isozaki, abbiamo una notifica preliminare risalente a fine Giugno – inizio Luglio 2012, realizzata seguendo i contenuti previsti dal Allegato XII al D. Lgs. 81/08 (contenuto della notifica preliminare di cui all'Art. 99), con gli specifici riferimenti al cantiere, informazioni generali sull'opera e le imprese presenti e soprattutto nominativi di Responsabile dei Lavori e Coordinatori (CSP e CSE).

Oltre alla notifica preliminare di cantiere, un documento di estrema importanza in materia di sicurezza è il Piano Operativo di Sicurezza (di seguito POS) dell'impresa affidataria e delle imprese esecutrici che operano nel sito. In merito al cantiere Isozaki sono stati acquisiti e consultati i POS dell'impresa affidataria, delle imprese che hanno ricevuto adeguata informazione / formazione / addestramento per l'utilizzo del sistema autosollevante, in quanto si è ritenuto potessero essere utili ad approfondire la conoscenza del sistema stesso, e della società fornitrice del sistema, per comprendere il suo ruolo all'interno del cantiere nelle diverse fasi temporali. La conoscenza di quanto contenuto nel POS è indispensabile al fine di verificare il rispetto delle corrette modalità operative, ossia che quanto previsto, di fatto, si concretizzi in cantiere. La redazione del POS rientra tra gli obblighi del datore di lavoro dell'impresa affidataria e delle imprese esecutrici e, a differenza del Piano di Sicurezza e Coordinamento, viene redatto anche nel caso in cui nel cantiere operi un'unica impresa, anche familiare o con meno di dieci addetti. Il POS è definito come "documento che il datore di lavoro dell'impresa esecutrice redige, in riferimento al singolo cantiere interessato, ai sensi dell'Art.17 comma 1 lettera a) del D.Lgs.81/08, i cui contenuti sono riportati nell'Allegato XV del medesimo decreto. Tra i contenuti minimi del POS troviamo: dati identificativi dell'impresa esecutrice; specifiche mansioni, inerenti la sicurezza, svolte in cantiere da ogni figura nominata allo scopo dall'impresa esecutrice; la descrizione dell'attività di cantiere, delle modalità organizzative e dei turni di lavoro; l'elenco dei ponteggi, dei ponti su ruote a torre e di altre opere provvisionali di notevole importanza, delle macchine e degli impianti utilizzati nel cantiere; l'elenco delle sostanze e preparati pericolosi utilizzati nel cantiere con le relative schede di sicurezza; l'esito di rapporto del valutazione del rumore; eventuali misure preventive e protettive integrative rispetto a quelle contenute nel PSC, così come eventuali procedure complementari e di dettaglio; l'elenco dei dispositivi di protezione individuale forniti ai lavoratori in cantiere; la

documentazione in merito all' informazione ed alla formazione fornite ai lavoratori occupati in cantiere.

Come scritto in precedenza, nel caso di un cantiere dove siano presenti due o più imprese esecutrici, anche non in contemporanea, obbligo del committente o del responsabile dei lavori è la designazione del CSP e del CSE. Tra i vari compiti del CSP, rientra la redazione del piano di sicurezza e coordinamento, parte integrante del contratto d'appalto, che deve essere visionato e rispettato da tutte le imprese e lavoratori autonomi che operano in cantiere. Il PSC è costituito da una relazione tecnica dell'opera da realizzare e prescrizioni circa eventuali fasi critiche del processo di costruzione, atte a prevenire o ridurre i rischi per la salute e sicurezza dei lavoratori. Il PSC è il documento specifico per ogni singolo cantiere atto a coordinare la lavorazioni, si occupa quindi di prevedere e trovare soluzione alle eventuali interferenze, al fine di evitare l'insorgenza di rischi particolari per uomini e ambiente. [12] Il PSC della torre Isozaki è stato consultato per ricevere informazioni circa l'intervento da realizzare e per comprendere le modalità operative di realizzazione delle componenti dell'edifico, nonché per verificare la correttezza delle operazioni in corso nel cantiere con quelle indicate nel PSC. Tra i vari documenti di cantiere acquisiti in sede di sopralluogo vi sono anche procedure operative fornite dall'impresa affidataria a tutte le imprese esecutrici al fine da standardizzare e rendere sicure delle operazioni che, in assenza di tali documenti, sarebbero probabilmente lasciate al caso. Le procedure operative sono a loro volta composte da istruzioni operative. Di fondamentale importanza sono le procedure operative fornite dal fornitore all'impresa affidataria in merito al corretto impiego in sicurezza dello schermo di protezione perimetrale e della cassaforma autosollevante SKE 100 nuclei e vani ascensori, dalle quali si possono evincere la principali fasi di lavoro che coinvolgono il sistema dei casseri autorampanti e ancora le principali componenti del sistema.

IL PIANO DI EMERGENZA

Al titolo I del d. Lgs. 81/08, tra gli obblighi del datore di lavoro e del dirigente in merito alla gestione della prevenzione nei luoghi di lavoro, ricade l'adozione di

[12] Contenuti minimi del PSC sono elencati nell'Allegato XV al D. Lgs. 81/08

misure necessarie ai fini della prevenzione incendi e dell'evacuazione dei luoghi di lavoro, nonché per il caso di pericolo grave e immediato. Il datore ha altresì l'obbligo di designare preventivamente i lavoratori incaricati dell'attuazione delle misure di prevenzione incendi e lotta antincendio, di evacuazione dei luoghi di lavoro in caso di pericolo grave e immediato, di salvataggio, di primo soccorso e comunque, di gestione dell'emergenza; deve inoltre adottare le misure per il controllo delle situazioni di rischio in caso di emergenza e dare istruzioni affinché i lavoratori, in caso di pericolo grave, immediato ed inevitabile, abbandonino il posto di lavoro o la zona pericolosa.

Trattandosi di un cantiere con la presenza, anche non in contemporanea, di due o più imprese esecutrici, è presente il coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione che, nell'ottica di gestione delle interferenze, si occupa di redigere il piano delle emergenze e verificare in ogni momento la sua applicabilità, accertandosi quindi che vengano mantenute libere le vie preposte all'esodo e all'accesso di eventuali mezzi di soccorso, il punto di raccolta, nonché il funzionamento degli impianti antincendio e dei presidi, il mantenimento della segnaletica di emergenza e dei corretti riferimenti al personale costituente la squadra di emergenza. Sulla base del piano di emergenza redatto dal CSE, le varie imprese presenti in cantiere stilano un proprio piano di emergenza che sia coerente con quanto previsto dal coordinamento; nello specifico è stato scelto di analizzare il piano d'emergenza dell'impresa affidataria in quanto all'interno del cantiere, chiunque rilevi una situazione di pericolo, ha l'obbligo di comunicarlo al capocantiere dell'impresa affidataria, che trasmette l'informazione al coordinatore delle emergenze.

Il piano di emergenza ed evacuazione della Colombo Costruzioni SPA per l'area di cantiere relativa ai lavori di realizzazione di edifici commerciali e direzionali della Torre Isozaki e piastra, documento importantissimo nell'ambito della prevenzione e sicurezza degli ambienti di lavoro, è costantemente revisionato ed aggiornato sia nei contenuti che nel numero e nominativi degli addetti, quindi in continua evoluzione con l'avanzare delle opere stesse. Il documento, redatto dal datore di lavoro dall'impresa affidataria e trasmesso alle maestranze in appalto e subappalto, ha lo scopo di preparare tutti i lavoratori che operano in cantiere ad un'evacuazione rapida ed ordinata dalle aree di lavoro, nel caso in cui fosse necessario abbandonare

rapidamente le stesse, a seguito di situazioni di rischio e / o pericolo e/o di evento straordinario. E' necessario preparare i lavoratori all'eventualità che si verifichi una situazione di pericolo poiché, il generarsi di uno stato di panico collettivo, creerebbe ostacolo e difficoltà al ripristino o raggiungimento di una condizione di sicurezza. Per realizzare il Piano di Emergenza ed Evacuazione è necessario basarsi sulle planimetrie di logistica cantiere (layout) e le planimetrie generali della Torre e della piastra, aggiornate secondo lo sviluppo dei lavori; un ulteriore documento di fondamentale importanza è il Piano di Sicurezza e Coordinamento che, occupandosi della gestione dei rischi interferenziali, valuta anche l' insorgere di situazioni pericolose generalizzate all'interno del cantiere, individuando le vie di esodo e i punti di raccolta.

Relativamente al rischio incendio, il cantiere è considerato un luogo di lavoro a rischio medio, in ragione delle sue caratteristiche, il tipo di infrastruttura, le attività svolte al suo interno e alle misure di prevenzione e protezione adottate. Nel piano di emergenza elaborato dall'impresa affidataria si fa riferimento sia alla zona direttiva (baraccamento uffici) sia al cantiere operativo, allegando planimetrie indicanti le vie di esodo e trovandone riscontro nel luogo di lavoro con cartelli visibili che indicano i percorsi da seguire in caso di pericolo. Tutte le vie di esodo vanno tenute sgombre da macchine / attrezzature / materiali e non devono essere in alcun modo ostruite, nemmeno temporaneamente: in una realtà complessa quale il cantiere, fondamentale in merito è il mantenimento della viabilità interna al cantiere con continua supervisione da parte dei preposti che, nelle operazioni di carico / scarico gru o armo / disarmo di pareti e solai non vengano depositati materiali in aree non appositamente adibite a deposito.

Il cantiere Isozaki ha una gestione delle emergenze basata su una sirena di avviso generale, posta sulla gru 1 (G1) che rappresenta il segnale, condiviso all'interno del cantiere, del preallarme di evacuazione: chiunque sia munito di radiotrasmittente deve posizionarsi sul Canale 15 (canale delle emergenze) predisponendosi all'eventuale evacuazione degli ambienti di lavoro. La radiotrasmittente, attraverso la quale il Coordinatore delle Emergenze, di seguito CE, (in alternativa il suo sostituto o, in estremo, un componente della squadra di emergenza) impartisce gli ordini di evacuazione, viene consegnata dall'impresa affidataria a tutti i preposti delle diverse

imprese, affinché questo sia il portavoce verso i propri sottoposti e venga garantita la maggior diffusione possibile delle comunicazioni. I lavoratori, sono comunque invitati ad abbandonare il luogo di lavoro ogni qual volta percepiscono una situazione di pericolo per la loro incolumità personale, anche in assenza dell'ordine vocale o del suono della sirena di preallarme.

Tra le emergenze prese in considerazione troviamo l'infortunio/ malore e l'incendio. Nel caso si verificasse un infortunio all'interno del cantiere, il preposto dell'impresa affidataria che ha competenza logistica in quella determinata area, contatterà il CE comunicando in breve l'accaduto; quest'ultimo invierà sul luogo dell'evento un addetto alla squadra di emergenza, dotato di presidio medico, al fine di valutare la situazione e porre in essere le misure necessarie. Se l'emergenza è gestibile direttamente dall'addetto stesso può considerarsi risolta, mentre qualora fosse necessario l'intervento di un mezzo di soccorso esterno, è necessario verificare che la via di accesso al mezzo di emergenza sia libera, agevolare i soccorsi e, al termine dell'intervento di emergenza, comunicare l'accaduto al CSE. Caso particolare riguarda l'infortunio / malore del gruista, evento piuttosto raro ma che, se dovesse verificarsi, comporterebbe l'impiego della squadra speciale dei Vigili del Fuoco congiunta al Primo Soccorso Sanitario per posizionare l'infortunato sulla barella a cucchiaio in quota, imbracarlo e poi recuperarlo. Allo stesso modo si procede con l'intervento congiunto di Primo Soccorso Sanitario e VVFF qualora l'evento infortunistico occorresse sul cassero autosollevante della Torre, ma senza ausilio dell'elicottero, in quanto il montacarichi in dotazione alla Torre consente di raggiungere agevolmente tutti i piani in costruzione.

In merito all'emergenza incendio, si potrebbero verificare tre situazioni differenti: emergenza gestibile direttamente dall'addetto antincendio stesso attraverso il presidio antincendio in dotazione al cantiere (emergenza risolta); necessità di intervento del servizio pubblico esterno (Vigili del Fuoco); necessità dell'evacuazione generale di tutto il personale (in tal caso il CE attiva la sirena di preallarme e, attraverso la radiotrasmittente, comunica ai preposti la necessità di allontanarsi dalla zona di lavoro; contemporaneamente recupera l'elenco del personale presente in cantiere, per verificare in seguito che tutto il personale sia sopraggiunto nel punto di raccolta, aiutato dai preposti delle singole imprese). Al

termine dell'intervento di emergenza, indipendentemente dal livello di gravità dello stesso, si procede a darne comunicazione al CSE che stabilisce, unitamente al CE, il ripristino di condizioni di sicurezza tali da poter far riprendere i lavori. L'impresa affidataria, al fine di garantire un'efficace evacuazione dai luoghi di lavoro, provvede a verificare il mantenimento della cartellonistica di salvataggio, le condizioni delle vie di esodo e il corretto funzionamento dei sistemi di indicazione e segnalazione, nonché i presidi (Primo Soccorso e antincendio) presenti presso il cantiere. Nel Piano di emergenza è contenuto il nominativo del Coordinatore delle Emergenze e degli addetti alle emergenze, quindi la composizione della "squadra antincendio e primo soccorso" e la "squadra emergenze per attività particolari".

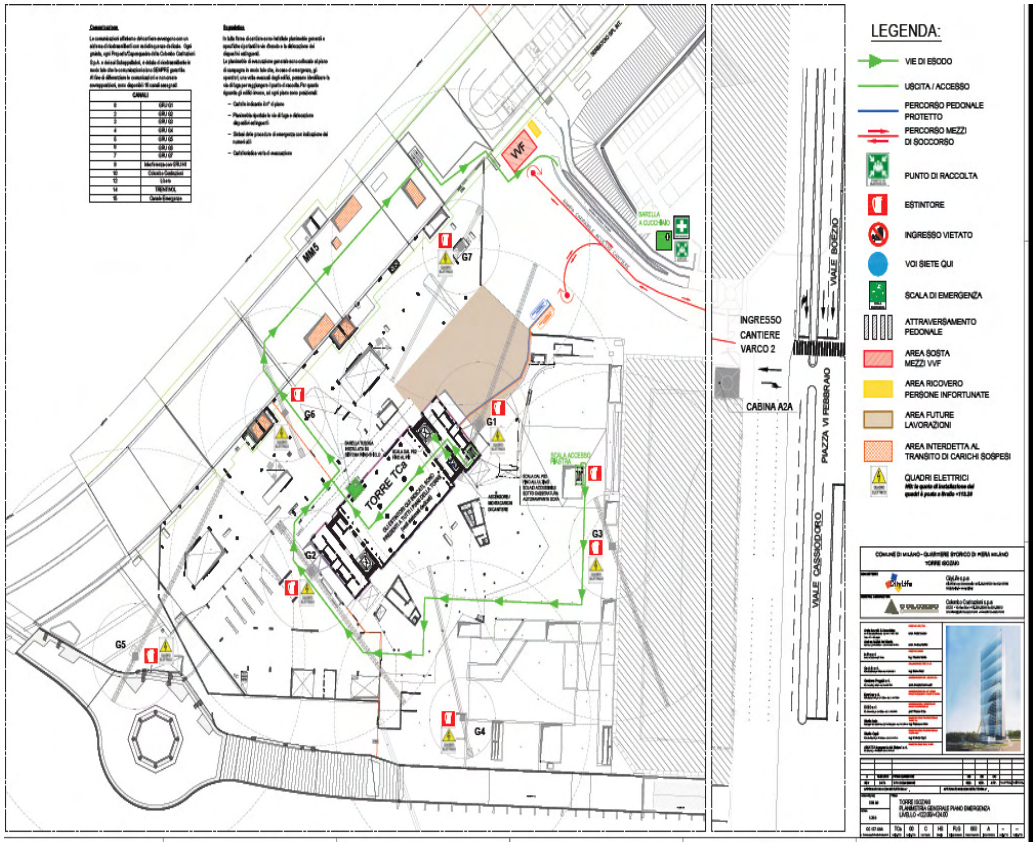


Figura 48: Planimetria piano di emergenza e rispettiva legenda.

5.2 Nota interregionale casseforme rampanti

La “ nota interregionale casseforme rampanti” è un documento redatto in data 28 / 06 / 2010 dal Gruppo interregionale Alta velocità appartenente alla Regione Toscana ed Emilia Romagna, costituito da operatori dei Servizi di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di lavoro delle Aziende Sanitarie e delle Regioni interessate, con la collaborazione del Dipartimento DICAM (Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e dei Materiali) dell’Università di Bologna, del Dipartimento di Scienze della terra dell’Università di Firenze, da funzionari ISPESL e da Tecnici del comparto ingegneristico della Società “Autostrade per l’Italia”. La Nota è destinata alle aziende sanitarie delle Regioni Emilia Romagna e Toscana, al Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali, al Ministero della Salute, all’ ISPESL e alla conferenza delle Regioni e delle Province autonome, nonché ad alcune tra le più importanti imprese che si occupano di realizzare le grandi opere infrastrutturali in Emilia Romagna e Toscana. L’oggetto di questa nota che, come tale, non è una Legge, ma una proposta di norma tecnica in fase di discussione da parte di una commissione di esperti in materia, è la sicurezza nell’uso delle casseforme rampanti. La nota viene presentata in breve nel presente elaborato di tesi non sussistendo altra normativa specifica legata all’uso delle casseforme rampanti, in quanto la letteratura in materia è piuttosto scarsa. Il documento mette in luce come il principale elemento critico nell’uso dei casseri rampanti ed autosollevanti sia costituito dalle maestranze che allestiscono il sistema in cantiere e la loro formazione professionale.

La sicurezza nell’uso delle casseforme rampanti dipende principalmente da:

- Progettazione casseforme rampanti;
- Scelta e progettazione del sistema cassaforma – opera;
- Procedure operative di montaggio – smontaggio e di uso – controllo;
- Corretta esecuzione delle attività di cantiere (ancoraggi, manutenzione, controlli, idoneità delle maestranze , ecc …).

Nella Nota interregionale, per migliorare il livello di sicurezza, vengono fatte raccomandazioni in merito a:

- progettazione delle casseforme (ridondanza degli elementi di accoppiamento cassaforma opera, studiati in modo che le casseforme non possano essere

assemblate in un sistema diverso da quello di origine e dotate di specifiche istruzioni di montaggio, uso, manutenzione e smontaggio e di disegni esecutivi);

- scelta del sistema cassaforma – opera (valutazione dell'utilizzo dei tre tipi di casseri, ossia rampanti, automatizzati o tradizionali);
- procedure operative di montaggio - smontaggio, uso e controllo, manutenzione, disegni esecutivi

I controlli previsti e regolamentati vengono fatti a terra (post – assemblaggio) e in quota (prima di ciascun ciclo di lavoro); sono poi previsti controlli straordinari dopo eventuali incidenti, violenti fenomeni naturali o periodi prolungati di inattività.

Dopo le generiche raccomandazioni, la Nota focalizza l'attenzione sugli ancoraggi, elementi che raccordano e fissano l'attrezzatura ad una parte strutturale in costruzione, quindi alla parete. L'ancoraggio è costituito da tre elementi: materiale base (calcestruzzo), ancorante con elementi di fissaggio e oggetto da ancorare.

Le casseforme rampanti sono strutture che solitamente utilizzano come modalità di ancoraggio un sistema composto da cono, guina protettiva per il cono, vite per il cono e piastra di posizionamento. Il fissaggio di un modulo di cassaforma avviene mediante la predisposizione di più punti di ancoraggio.

Oltre agli ancoraggi, altro punto critico individuato nel documento è il personale addetto, che deve essere idoneo e organizzato in squadre dove vi sia la costante presenza di un preposto e sia prevista la presenza di personale di riserva che abbia ricevuto apposita formazione.

Il personale addetto alle fasi di montaggio – movimentazione – smontaggio deve possedere i seguenti requisiti:

- idoneità al lavoro in quota e buone condizioni fisiche e di salute;
- appartenere a una squadra formata ed addestrata, preferibilmente a cura della stessa azienda costruttrice delle casseforme o altra da essa autorizzata;
- aver individuato un caposquadra con formazione da preposto e comprovata esperienza nel montaggio di casseforme analoghe a quelle da utilizzare;
- formazione e addestramento specifici sui sistemi anticaduta utilizzati;
- aver individuato all'interno della squadra personale con formazione e addestramento sulle procedura di emergenza e Primo Soccorso.

5.3 Direttiva 2006 / 42 CE

Il 29 Dicembre 2009 entra in vigore in tutta Europa la nuova Direttiva Macchine 2006 / 42 / CE in sostituzione della Direttiva 98 / 37 /CE (che a sua volta aveva sostituito la Direttiva 89 / 392 / CEE).

"Il settore delle macchine costituisce una parte importante de settore della meccanica ed è uno dei pilastri industriali dell'economia comunitaria. Il costo sociale dovuto all'alto numero di infortuni provocati direttamente dall'utilizzazione delle macchine può essere ridotto integrando la sicurezza nella progettazione e nella costruzione stesse delle macchine, nonché effettuando una corretta installazione e manutenzione."[13]

Nel campo d'applicazione della nuova Direttiva Macchine rientrano macchine, attrezzature intercambiabili, componenti di sicurezza, ascensori di sollevamento, catene, funghi e cinghie, dispositivi amovibili di trasmissione meccanica, quasi – macchine.

All'Art.2 viene definita la "macchina":

- insieme equipaggiato o destinato ad essere equipaggiato di un sistema di azionamento diverso dalla forza umana o animale diretta, composto di parti o di componenti, di cui almeno uno mobile, collegati tra loro solidamente per un'applicazione ben determinata;
- insieme di cui al primo trattino, al quale mancano solamente elementi di collegamento al sito di impiego o di allacciamento alle fonti di energia e di movimento;
- insieme di cui al primo e al secondo trattino, pronto per essere installato e che può funzionare solo dopo essere stato montato su un mezzo di trasporto o installato in un edificio o in una costruzione;
- insiemi di macchine, di cui al primo, al secondo e al terzo trattino, o di quasi – macchine che per raggiungere uno stesso risultato sono disposti e comandati in modo da avere un funzionamento solidale;

[13] Direttiva 2006 / 42 / CEE, 2° considerando.

- insieme di parti o di componenti,di cui almeno uno mobile, collegati tra loro solidamente e destinati al sollevamento di pesi e la cui unica fonte di energia è la forza umana diretta.

Gli Stati membri ritengono che le macchine provviste della marcatura CE e accompagnate dalla dichiarazione CE di conformità rispettino le disposizioni della Direttiva e siano presunte conformi ai requisiti essenziali di sicurezza e di tutela della salute coperti da tale norma armonizzata. [14]

All'Allegato 1 della Direttiva 2006 / 4 / CE vengono elencati i requisiti essenziali di sicurezza e di tutela della salute relativi alla progettazione e alla costruzione delle macchine.

Ai sensi della Direttiva 2006 / 42 / CEE, il sistema autosollevante destinato all'auto - sollevamento dei casseri è una "macchina" certificata CE dal costruttore e in quanto tale è intrinsecamente sicura, ossia risponde ai requisiti generali di sicurezza previsti in materia. Analogamente, anche il sistema autorampante destinato al sollevamento del wind shield è marcato CE in qualità di macchina. Presso il cantiere sono quindi depositate due dichiarazioni di conformità rilasciate dal costruttore del sistema, unitamente al libretto d'uso e manutenzione, riferite a: sistema di ripresa autosollevante SKE 100 plus nuclei Nord – Sud e ascensori panoramici Nord – Sud; sistema di ripresa autosollevante X climb 60 e relativa unità idraulica.

Il sistema delle casseforme a ripresa auto sollevanti è pertanto definito come macchina in riferimento al sistema idraulico a pressione vero e proprio, gli ancoraggi, le putrelle , ecc … mentre le casseforme stesse, nonostante siano collegate al sistema e ne esplicitino la funzione, non vengono riconosciute all'interno del sistema ma sono certificate come attrezzature da lavoro da parte del medesimo costruttore.

[14] Art. 7 comma 2 " presunzione di conformità e norme armonizzate" della Dir. 2006 / 42 / CE.

CE

Dichiarazione di conformità CE

Ai sensi della direttiva 2006/42/CE.

Il costruttore dichiara che il prodotto

Sistema di ripresa autorampante SKE 100 Plus
Nuclei NORD-SUD e Ascensori panoramico NORD-SUD
Impresa : Colombo Costruzioni SpA
Cantiere : Torre Isozaki Citylife Milano
Progetto : 330-006361-001

Per progettazione e sistema di produzione, nonché nella versione immessa sul mercato, risponde ai relativi requisiti sanitari e di sicurezza fondamentali delle direttive CE attinenti.
Direttive,norme e specifiche nazionali applicabili:
- 2006/42/CE Direttiva macchine
- 2004/108/CE Direttiva compatibilità elettromagnetica
- 2006/95/CE Direttiva bassa tensione

Norma armonizzate applicate:
- EN ISO 12100:2010
- EN 349:1993+A1:2008
- EN 982 1996+A1:2008
- EN 60204-1:2006

Ente certificazione:
- TUV Suddeutscheland
- Identificativo EU organismo di certificazione macchine 0635
- TUV Suddeutscheland Bau ubd Betrieb Gmbh
  Zertifizierungsstlle fur maschinen westendstrasse 199, D – 80686 Munchen

Figura 49: certificazione del sistema di ripresa autorampante SKE 100 plus.

CE

Dichiarazione di conformità CE

Ai sensi della direttiva 2006/42/CE.

Il costruttore dichiara che il prodotto

Sistema di ripresa autorampante Xclimb60 e
unità idraulica Xclimb60 50/60Hz
Impresa : Colombo Costruzioni SpA
Cantiere : Torre Isozaki Citylife Milano
Progetto : 330-006361-002

Per progettazione e sistema di produzione, nonché nella versione immessa sul mercato, risponde ai relativi requisiti sanitari e di sicurezza fondamentali delle direttive CE attinenti.
Direttive,norme e specifiche nazionali applicabili:
- 2006/42/CE Direttiva macchine
- 2004/108/CE Direttiva compatibilità elettromagnetica
- 2006/95/CE Direttiva bassa tensione

Norma armonizzate applicate:
- EN ISO 12100:2010
- EN 349:1993+A1:2008
- EN 982 1996+A1:2008
- EN 60204-32:2008

Persona autorizzata a conservare il fascicolo tecnico
(ai sensi della Direttiva Europea sulle Macchine, Allegato II):

Figura 50:certificazione del sistema di ripresa autorampante X Climb 60 e dell'unità idraulica X Climb 60.

6. MATERIALI E METODI

Per l'analisi e lo studio del contesto è stato necessario avvalersi di materiali e metodi diversi. Strumento fondamentale per la conoscenza della problematica e lo sviluppo della tesi è il sopralluogo, ma sono state di particolare importanza anche altre fasi necessarie per conoscere l'intero sistema, dalla progettazione alla sua messa in opera, nonché l'analisi e la ricerca di dati di interesse per valutare qualitativamente e, se possibile, quantitativamente, l'impatto sul miglioramento della salute e della sicurezza nel cantiere. Di seguito verranno evidenziati i metodi e i materiali che sono stati utilizzati nell'affrontare questo lavoro di tesi; alcuni di questi sono stati abbandonati perché non potevano essere applicati al contesto analizzato.

6.1. L' attività preliminare di analisi del contesto e del sistema di costruzione

Studio preliminare del contesto e del sistema di costruzione, con riferimento al progetto specifico della Torre Isozaki (e del suo inserimento nel più vasto progetto di City Life) e del sistema di casseri autorampanti scelto per la realizzazione del manufatto.

In questa prima parte teorica del metodo è stata raccolta la documentazione necessaria per acquisire una conoscenza approfondita dell'intervento da realizzare e delle modalità operative previste, si sono acquisiti i documenti inerenti la sicurezza riguardanti il cantiere (PSC – POS), progetti, disegni tecnici, procedure operative, ecc ….

Questo studio preliminare è stato completato da un ciclo di riunioni ed incontri con l'impresa incaricata alla progettazione e alla fabbricazione del sistema di casseri autorampanti, alla presenza di tutte le figure preposte alla sicurezza operanti presso il cantiere e dell'organo di vigilanza (ASL). Il primo incontro di "presentazione" della metodologia costruttiva adottata presso il cantiere è stato tenuto dall'impresa fornitrice del sistema dei casseri autorampanti nel mese di Novembre 2012.

6.2 Il sopralluogo

Dal momento in cui le casseforme a ripresa auto sollevanti sono state trasportate presso il cantiere ed è iniziato il loro preassemblaggio a terra, sono stati effettuati regolari accessi (sopralluoghi). La messa in opera del sistema è iniziata nel mese di Febbraio 2013, completata la realizzazione del terzo piano fuori terra dell'edificio con sistema costruttivo tradizionale. Dal 4° piano in poi, la replicabilità degli interventi costruttivi e la disponibilità di un solido ancoraggio del sistema alle pareti sottostanti, ha consentito la messa in servizio del sistema e la realizzazione del manufatto secondo procedure operative standardizzate.

I sopralluoghi compiuti presso il cantiere Isozaki hanno quindi avuto la finalità di osservare direttamente tutte le diverse fasi del ciclo di produzione con il sistema autorampante (rampaggio wind shield – rampaggio profili – rampaggio cassaforma – armo – getto – maturazione – disarmo – pulizia) e la realizzazione dei solai e dei pilastri.

Le varie fasi di lavoro analizzate nel corso dei sopralluoghi sono state documentate attraverso dei report fotografici utili alla comprensione delle componenti strutturali e delle modalità di utilizzo, nonché al riscontro di eventuali inadeguatezze / carenze da risolvere. Le immagini sono state utilizzate come un testo che può fornire informazioni sul sistema o sulla situazione operativa.

Il sopralluogo è una parte importante del metodo di lavoro che è stato scelto per i suoi molteplici vantaggi:

a) consente di rapportarsi con tutte le figure coinvolte nel processo di costruzione;

b) consente di seguire direttamente e sorvegliare tutte le diverse fasi della realizzazione dell'edificio, osservando il processo di ingegnerizzazione del metodo tecnologico in riferimento all'applicazione nello specifico cantiere;

c) con brevi incontri, briefing, svolti a conclusione del sopralluogo per confrontarsi a caldo su aspetti critici evidenziati, è possibile ricevere ulteriori spiegazioni circa il sistema e riflettere su eventuali migliorie da apportare per incrementare la sicurezza degli operatori.

Dal mese di Febbraio 2013 al mese di Ottobre 2013 sono stati pianificati ed effettuati 25 sopralluoghi presso il cantiere Isozaki. L'attività di pianificazione si è basata sul

cronoprogramma delle lavorazioni per l'esigenza di assistere allo svolgimento di tutte le diverse fasi che compongono la sequenza lavorativa, in relazione alla disponibilità del personale addetto alla sicurezza impiegato presso il cantiere (capocantiere – addetto alla gestione della sicurezza – consulente tecnico – ecc …).

Oltre ai 25 sopralluoghi, che come accennato sono stati necessari per conoscere, osservare e sorvegliare l'intero processo di ingegnerizzazione del metodo, ne sono stati effettuati altri 4, svolti nell'ambito della vigilanza programmata per il settore edilizio. Nel corso di questi interventi, di tenore ispettivo e quindi senza preavviso, cui ho partecipato con i tecnici della ASL di Milano, si è potuto verificare l'effettivo rispetto delle metodiche concordate per lo svolgimento in sicurezza delle lavorazioni.

Nel corso dei sopralluoghi di vigilanza effettuati presso il cantiere si è constatato che la piastra commerciale è l'opera che presenta il maggior rischio infortunistico a causa delle numerose lavorazioni interferenziali dettate dalla presenza di più imprese che operano in contemporanea alla realizzazione di strutture in cemento armato, utilizzando la metodologia di casseratura tradizionale, implicante continua movimentazione di carichi e deposito di materiale

Oltre ai sopralluoghi effettuati presso il cantiere Isozaki, è bene precisare che, al fine di operare un confronto della metodologia costruttiva, sono stati svolti sopralluoghi anche presso cantieri che operano con sistema tradizionale, durante i quali si sono apprese le varie fasi di lavoro e dei rischi ad esse connesse.

6.3 Il focus group

Partecipazione a focus group sul continuo processo di valutazione e revisione del sistema dei casseri autorampanti dal punto di vista delle garanzie di sicurezza offerte ai lavoratori, con particolare riferimento alla messa a punto delle procedure operative correlate al sistema. Tra gli i operatori preselezionati è stato scelto un gruppo rappresentativo delle professionalità coinvolte nel processo costruttivo. Questo gruppo è stato invitato da un conduttore a parlare, discutere e confrontarsi riguardo all'atteggiamento personale nei confronti del sistema di costruzione e delle modalità

di utilizzo. Le domande sono state fatte in modo interattivo, e i partecipanti al gruppo hanno mostrato di sentirsi liberi di comunicare con gli altri membri.
Questo processo , caratterizzato dall'interattività ha determinato un lungo periodo di messa a punto delle procedure che ha visto la partecipazione di capocantiere – servizio di prevenzione e protezione – preposti – consulenti tecnici interni ed esterni all'impresa – lavoratori incaricati ad operare sui casseri autorampanti e a testare l'efficacia del sistema.
Attraverso i focus group, svolti sia in cantiere durante le lavorazioni che in aula, è stato possibile attuare un monitoraggio attento e puntuale del sistema, con il tentativo di ridurre progressivamente i rischi residui e l' introduzione di puntuali modifiche organizzative o procedurali da verificare in fase di successivo incontro o sopralluogo.
Il confronto diretto con le figure operanti in cantiere è stato necessario anche per l'analisi del contesto al fine di comprendere i vantaggi in sicurezza conferiti ai lavoratori dall'utilizzo del sistema.

6.4 Analisi dei dati di contesto e controllo dell'andamento infortunistico

Per osservare quale fosse il contributo dell'utilizzo dei casseri auto rampanti al miglioramento della sicurezza dei lavoratori, era stato pensato, in prima ipotesi, un raffronto tra l'andamento infortunistico del cantiere oggetto di studio e gli indici di incidenza, frequenza e gravità del settore costruzioni acquisiti dalla banca dati statistica dell'Inail. In tale modo si sarebbe voluto indagare se e come l'utilizzo di un sistema innovativo di costruzione quale i casseri auto rampanti avrebbe potuto portare a una riduzione del numero di infortuni in cantiere, della loro frequenza e gravità, rispetto al panorama generale di un 'edilizia prevalentemente basata su metodiche tradizionali di lavorazione.
Tale ipotesi di lavoro, tuttavia non è risultata percorribile poiché non è possibile reperire dalle banche dati INAIL dati disaggregati su cantieri che hanno utilizzato metodologie costruttive analoghe alla stessa Torre Isozaki. Infatti tutte le banche dati

valide ai fini statistici forniscono un aggregato di informazioni da cui non è possibile poi individuare quelli necessari per costruire un gruppo di controllo.

Esclusa questa prima ipotesi si è poi provato ad intraprendere una ricerca documentale dello storico edilizio di Milano e Provincia al fine di individuare un possibile gruppo di controllo da utilizzare quale confronto, dal punto di vista dell'andamento dei flussi infortunistico aziendali su specifiche imprese operanti presso il cantiere.

Anche questa seconda ipotesi non ha dato risultati soddisfacenti in quanto le imprese operanti in cantiere non hanno uno storico sufficiente o adeguato al confronto. Ciò nonostante si è deciso, utilizzando dati sugli infortuni occorsi presso il cantiere, sul numero dei soggetti impiegati e le ore lavorate, di calcolare comunque gli indici di incidenza[15], frequenza[16] e gravità[17] al fine di valutare i dati risultanti poiché essendo riferiti ad un anno di monitoraggio infortunistico in cantiere possono essere utili a rappresentare il cantiere stesso. In un anno sono stati infatti realizzati 25 piani su 49 previsti con la metodica oggetto della presente tesi

[15] I. I: numero di infortuni verificatisi in un anno, in base al numero di lavoratori. Si calcola nel seguente modo: n ° infortuni / n ° lavoratori x 1 000. Nell'indice di incidenza in oggetto si fa riferimento al n ° infortuni occorsi dal Settembre 2012 ad Agosto 2013 e al numero di lavoratori operanti presso il cantiere al mese di Agosto 2013, informazioni reperite presso il cantiere.

[16] I. F: quanti infortuni si sono verificati, per ogni milione di ore lavorate, in un determinato periodo e / o in un determinato ambito e a livello aziendale, confrontabili con i medesimi indici elaborati per ambito territoriale e di comparto. Si calcola con la seguente formula: n ° infortuni / n ° ore lavorate x 1 000 000;

[17] I. G. : indice di gravità, numero di giornate di assenza per infortuni verificatisi in un certo periodo di tempo e / o ambito. Si calcola con la seguente formula: n ° giorni totali infortuni / n ° ore lavorate x 1 000.

7. RISULTATI

7.1 Riepilogo infortuni occorsi nel cantiere Torre TcA

Quando un lavoratore si infortuna sul luogo di lavoro, obbligo del suo datore è comunicare in via telematica all'INAIL i dati e le informazioni relative all'evento, se ha comportato l'assenza dal lavoro di un periodo superiore o uguale a un giorno. La denuncia deve essere fatta ai fini assicurativi, nonché informativi e statistici.

Anche presso l'impresa affidataria e presso l'ufficio del coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione vengono depositati i rapporti interni d'infortunio, al fine di tenere monitorato l'andamento infortunistico del cantiere. Secondo quanto previsto dal Protocollo d'Intesa sulla Sicurezza[18], in cantiere esiste una procedura di monitoraggio e verifica degli eventi infortunistici. Tale procedura prevede che il CSE, non appena a conoscenza dell'accadimento di un infortunio, ha l'obbligo di trasmettere rapporto sullo stesso all'ufficio ASL di competenza. Di tali documenti, già presenti presso gli uffici ASL per trasmissione del CSE, è stata acquisita copia al fine di conoscerne la dinamica e classificarli per tipologia.

In merito al cantiere, il periodo di osservazione dell'andamento infortunistico inizia nel mese di Settembre 2012, in cui l'impresa affidataria inizia ad operare presso il sito, successivamente ai lavori di scavo e fondazione.

---

[18] Protocollo d'Intesa sulla sicurezza: sottoscritto dal Prefetto di Milano, dalla Provincia di Milano, dal Comune di Milano, dalla Direzione provinciale del lavoro, dalla Camera di Commercio di Milano, dall'Anci Lombardia, dall'Aler, dall'Assolombarda e dalle maggiori organizzazioni sindacali. Scopo del Protocollo e' quello di condividere procedure per un controllo più efficace sull'imprese operanti nel settore delle costruzione e per assicurare adeguati livelli di salute e sicurezza dei lavoratori.

	Data	impresa	Mansione	Descrizione dell'infortunio	Natura/sede della lesione	Tot. gg assenza
1	09/11/12	esecutrice	Carpentiere	Scivolamento dalle mani di una putrella	Taglio polpastrello mano dx	27
2	25/05/13	affidataria	addetto movimentazione macchine	Schiacciamento durante la sostituzione del martelletto dell'escavatore	Schiacciamento mano sin	21
3	05/06/13	esecutrice	Operaio	Contusione da urto con sezione della tubazione della pompa del calcestruzzo in fase di pulizia	Contusione gamba dx	5
4	27/08/13	affidataria	operaio	Caduta a livello su sassi	Contusione arto superiore sin	15

Tabella 3: riepilogo infortuni cantiere Torre TcA. Aggiornamento al mese di Settembre 2013.

Dei quattro infortuni occorsi presso il cantiere, solamente uno potrebbe essere in qualche modo riconducibile all'utilizzo delle casseforme a ripresa autosollevanti, quindi essersi verificato in relazione alla costruzione della torre e non della piastra, come accaduto invece per gli altri casi.

L'infortunio si è verificato ai danni di un operaio al termine della fase di getto di una parete verticale, durante la pulizia finale della tubazione della pompa dopo lo scarico del calcestruzzo. L'operaio, mentre procedeva alla rimozione manuale di una sezione della tubazione della linea di pompaggio calcestruzzo per poterne successivamente effettuare la pulizia, si procurava una contusione della gamba destra con la sezione della tubazione stessa sfuggitagli di mano. Come da primo referto medico, l'operaio ha ripreso l'attività lavorativa dopo n ° 5 giorni. Tuttavia pur essendo accaduto in occasione delle lavorazioni che prevedono l'uso delle casseforme, è risultato evidente dall'analisi della dinamica che le cause sono accidentali e non determinate dall'uso del sistema. In ogni caso come già rappresentato nel capitolo "materiali e metodi", sono stati calcolati gli indici di incidenza, frequenza e gravità, assumendo il periodo di osservazione rappresentativo rispetto all'intero lavoro di elevazione (oltre il 50%) e cioè d'uso del sistema di casseforme a ripresa auto sollevanti.

Prendendo come riferimento il mese di Settembre 2013, avremo:

Indice di incidenza (I. I.): 4 / 182 x 1 000 = 21,9

Indice di frequenza (I. F.): 4 / 248 279 x 1 000 000 = 16,11

Indice di gravità (I. G.).: 75 / 248 279 x 1 000 = 0,302

7.2 Ridotta esposizione al rischio di caduta dall'alto e al rischio dovuto alla movimentazione di carichi sospesi

Appurato che le cause più ricorrenti di infortunio medio - grave in edilizia siano la caduta di operatori dall'alto e la caduta di gravi dall'alto, nonché la movimentazione di carichi sospesi, come largamente ribadito nei capitoli precedenti, dalla ricostruzione della sequenza lavorativa utilizzata per la realizzazione della Torre Isozaki, è stato possibile osservare sia in fase progettuale, ma soprattutto durante la verifica delle fasi lavorative, come tali rischi siano estremamente ridotti dall'utilizzo del sistema di casseforme auto rampanti.

Il sistema di casseri SKE 100 plus impiegato presso il cantiere, è "autorampante", si auto - solleva senza l'ausilio di alcun mezzo meccanico, essendo integrato da un sistema idraulico a pressione, che permette l'innalzamento dei profili e/o delle casseforme per il getto del calcestruzzo. Rispetto ad un sistema di costruzione del tipo tradizionale, con la continua movimentazione degli elementi di cassaforma, il loro montaggio e smontaggio o, ancora, rispetto ad un sistema "rampante", dove la gru si limita al "sollevamento guidato" delle unità rampanti all'interno di guide solidamente ancorate alla costruzione, il metodo "autorampante" circoscrive l'utilizzo delle gru al trasporto in quota delle gabbie in ferro prefabbricate per la realizzazione della pareti e alle attrezzature e i materiali necessari per la realizzazione dei solai. Conseguentemente alla riduzione dell'utilizzo delle gru, vi è la ridotta esposizione al rischio legato alla movimentazione di carichi sospesi.

La dimostrazione empirica dell'effettiva riduzione del rischio determinato dalla movimentazione di carichi sospesi è legata al carico d'impiego della gru.

Per realizzare un piano – tipo della Torre Isozaki con l'utilizzo del cassero autorampante, l'impiego della gru è limitato al trasporto e alla posa in quota delle gabbie di ferro prefabbricate, dei casseri per la realizzazione dei pilastri e per il sollevamento, da un piano di carico al successivo, delle attrezzature di lavoro complementari alla realizzazione delle pareti e dei solai. Per realizzare il medesimo piano di edificio con sistema tradizionale, come di fatto avvenuto per i piani interrati e i primi tre piani fuori terra, la gru viene utilizzata per un cospicuo numero di "tiri". In aggiunta al ferro e ai casseri per i pilastri (comunque movimentati mediante mezzo meccanico anche col metodo autorampante) si aggiungono i tiri per la movimentazione degli elementi di casseratura delle pareti, i ponteggi, i parapetti, le mensole, ecc … Il sollevamento di tutte le unità di casseforme e le varie opere provvisionali, con i relativi rischi determinati dall'aggancio e dallo sgancio delle stesse, è ora sostituito dal sollevamento con pistoni idraulici. Le casseforme non vengono più rimosse, trasportate e reinstallate, ma rimangono sempre appese ad apposita struttura in telaio metallico.

Orientativamente, per realizzare i 49 piani di scheletro dell'edificio con un sistema di tipo tradizionale, quale poteva essere la movimentazione dei casseri con gru, come accadeva di fatto fino a circa 20 anni fa, considerando che il regime di avanzamento era di un piano al mese, vi sarebbero voluti 49 mesi, quindi circa quattro anni contro i due anni odierni.

La movimentazione dei casseri con la gru, la continua costruzione del ponteggio di protezione perimetrale e dei paraetti ai piani (a morsa o a perdere annegati nel calcestruzzo) costituiva un grande dispendio di tempo nonché una notevole esposizione ai rischi connessi alla movimentazione di carichi sospesi e alla caduta dall'alto degli operatori.

Per la costruzione di un edificio quale la Torre Isozaki con l'utilizzo del metodo tradizionale, il carico della gru sarebbe notevole, con un incremento stimato del 200% rispetto al suo utilizzo all'interno del ciclo produttivo con il sistema autorampante. Questo significa che frequenza di esposizione al rischio di caduta di gravi dall'alto si è notevolmente ridotta.

Il sistema autosollevante consente inoltre di evitare il trasporto in quota, con mezzo meccanico, della benna contenente il cemento per effettuare il getto, quindi permette un ulteriore riduzione del rischio determinato dalla movimentazione di carichi sospesi inserendo all'interno del còre la tubazione per il pompaggio del calcestruzzo in quota, che viene innalzata contestualmente al rampaggio delle casseforme. Il calcestruzzo proveniente dalla linea di pompaggio viene utilizzato sia per il getto delle pareti che dell'intero solaio, pertanto non vi è alcun tipo di movimentazione con gru di materiale cementizio.

Oltre alla riduzione dell'esposizione al rischio di caduta di materiali e gravi dall'alto e dalla vera e propria movimentazione di carichi sospesi, con l'utilizzo di un sistema innovativo di costruzione quali i casseri auto rampanti viene sensibilmente ridotta anche l'esposizione al rischio di caduta dall'alto dell'operatore: tale rischio, unitamente alle esigenze produttive, è il determinante nella scelta della metodologia autorampante in parallelo a discapito di quella in avanzamento.

Sempre in merito al rischio di caduta dall'alto dei lavoratori, la peculiarità delle casseforme auto rampanti è quella di essere dotate di opere provvisionali integrate al cassero, pertanto inamovibili e sicuramente consone e idonee allo scopo per il quale vengono utilizzate. A differenza di un sistema di costruzione tradizionale, con l'utilizzo degli auto rampanti le opere provvisionali sono progettate ed installate contestualmente al sistema e integrate a questo. Se con il sistema tradizionale l'operatore doveva lavorare per circa un'intera giornata lavorativa esposto al rischio di caduta dall'alto con l'utilizzo della cintura di sicurezza mentre installava le protezioni perimetrali, con il sistema di casseri autorampanti l'esposizione al rischio e l'utilizzo del dispositivo di protezione individuale (cintura di sicurezza) è limitato al paio d'ore durante le quali avviene il fissaggio del wind shield al termine del rampaggio.

Il rischio di caduta dall'alto degli operatori pertanto ridotto del 300% rispetto alla realizzazione di un analogo piano avvalendosi di opere provvisionali non integrate al sistema, da dover continuamente montare e smontare.

Il cassero autorampante, grazie alle solide piattaforme di cui dispone, tutte dotate di regolare parapetto, va a costituire un vero e proprio luogo di lavoro, con postazioni protette da dispositivi di protezione collettiva e con accessi in quota regolari ed idonei. Niente è lasciato al caso o all'iniziativa del singolo, non vi sono più opere

provvisionali incomplete, costituite da elementi misti o che hanno perso la loro integrità. Le piattaforme di lavoro annesse al cassero autorampante non possono essere rimosse e sono inoltre oggetto di regolare manutenzione, così come i collegamenti tra i vari livelli della piattaforma, che si realizzano attraverso scale metalliche prefabbricate a guardia corpo site al'interno del sistema, che si estende nel cavedio in fase di realizzazione.

Adesa alla schermo di protezione perimetrale vi è la scala metallica che consente il collegamento del solaio in fase di realizzazione fino ai due sottostanti, ponendosi come accesso sicuro e predefinito al piano di lavoro. Con l'utilizzo di un sistema innovativo risultante da un'attenta progettazione e valutazione dei rischi connessi alle singole fasi lavorative, si va quindi a ridurre, rispetto al metodo di costruzione tradizionale, l'esposizione dei lavoratori al rischio di caduta dall'alto.

7.3 Continuo incremento della sicurezza degli operatori nel cantiere Torre TcA

L'impresa affidataria che opera presso il cantiere Isozaki, all'atto della scelta della metodologia di autorampante da utilizzare ha previsto una serie di interventi organizzativi volti alla preparazione sia del cantiere che del personale. Queste operazioni, che si concretizzano nell'attenta valutazione dei rischi legati ad ogni singola mansione e ad ogni singola operazione compiuta con l'utilizzo dell'autorampante e nella selezione e formazione di squadre specializzate, sono necessarie al fine di poter trarre vantaggio in sicurezza, e di conseguenza in produttività.

La sicurezza degli operatori nel cantiere Isozaki non è pertanto garantita dal sistema in se delle casseforme a ripresa autosollevanti, ma piuttosto dalla progettazione partecipata del sistema avvenuta in fase preliminare e dal continuo e costante processo di valutazione e revisione dei rischi: solo con queste presupposti è possibile ottenere dalla macchina un vantaggio in sicurezza, facendo in modo che non si tramuti invece in un mero sistema innovativo di costruzione con grande efficacia nella produttività che vada però a discapito della sicurezza dei lavoratori.

Nell'ambito di una continua attenzione alla valutazione dei rischi da parte dell'impresa affidataria e dell'impresa esecutrice, al fine di raggiungere un grado sempre maggiore di sicurezza eliminando il rischio residuo, vengono apportate modifiche ed integrazioni ogni qual volta si riscontrino delle carenze che potrebbero esporre i lavoratori a rischi o che, se risolte, agevolino le fasi di lavoro accelerandone la tempistica, senza andare a discapito della sicurezza.
Tali modifiche apportate durante l'utilizzo delle casseforme auto rampanti, non sono riferite tanto al sistema che, una volta installato e collaudato, funziona in modo standardizzato, quanto piuttosto all' adozione di nuove misure legate allo svolgimento delle lavorazioni complementari alla casseratura, a fine di ottimizzarne l'efficacia e soprattutto la sicurezza dei lavoratori.
Di seguito sono elencate, a titolo esemplificativo, alcune modifiche apportate durante il ciclo della lavorazioni con le casseforme auto rampanti al fine di incrementare la sicurezza dei lavoratori nello svolgimento delle diverse fasi:

- sostituzione delle linee vita con parapetti (a livello +1 della cassaforma): per effettuare la posa delle gabbie di ferro delle pareti all'interno del cassero, operazione che viene svolta dalla piattaforma a livello +1, è prevista una ribaltina in legno sollevabile, normalmente chiusa, ma che espone però l'operatore al rischio di caduta dall'alto durante la posa della gabbia e dopo la stessa, qualora questa ribaltina non fosse correttamente richiusa. A complemento della ribaltina era quindi inizialmente prevista l'installazione di una linea vita cui il lavoratore, durante l'operazione di posa, si dovesse legare con cordino. Il dispositivo di protezione individuale, nell'ambito del rispetto delle misure generali di tutela, a garanzia di maggior sicurezza per i lavoratori, è stato sostituito da un parapetto in legno a guardiacorpo, quindi da un dispositivo di protezione collettiva integrato al cassero stesso e non rimovibile;

- adattamento delle ribaltine in legno che raccordano il solaio posto in corrispondenza del livello -1 della piattaforma con il windshild, al fine di non interferire con la puntellazione del solaio al piano inferiore a quello in fase di realizzazione. Per la presenza dei puntelli, le ribaltine non si chiudevano correttamente, pertanto sono state modificate nella loro forma e dimensioni in

corrispondenza degli stessi, così da poter raccordare in modo ottimale il solaio allo schermo di protezione perimetrale;

- introduzione di opere provvisionali per agevolare l' operazione di legatura del ferro tra livello 0 della cassaforma (solaio in fase di realizzazione) e livello +1. La scelta di introdurre un'opera provvisionale per l'adempimento in sicurezza delle legature dei ferri di chiamata è stata dettata dall'esigenza pratica, evidenziata dagli operai in fase di lavorazione, di avere una postazione di lavoro consona allo svolgimento dell'operazione, senza dover compiere movimenti particolari e/o pericolosi. A seguito della collaborazione tra il partner fornitore del prodotto e gli operai stessi che agiscono sul cassero, l'impresa affidataria ha pensato a delle possibili soluzioni. L'ipotesi iniziale, che prevedeva l'inserimento di una mensola inserita sul lato interno delle due casseforme, pertanto priva di parapetti, è stata scartata poiché, a lungo andare, tale mensola avrebbe rovinato le pareti interne del cassero compromettendo quindi la corretta realizzazione della parete verticale in calcestruzzo; è stata poi pensata una seconda soluzione, ossia l'utilizzo di un piccolo ponteggio traslabile, ma anch'essa non è risultata consona all'operazione da svolgersi in quanto, non riuscendo a passare tra le putrelle della sospensione dell'autorampante, il ponteggio non poteva essere movimentato dalla gru. Infine, quale soluzione definitiva, è stato adottato un piccolo ponte su cavalletto da posizionare sul solaio all'interno del cassero, accessibile mediante scala metallica e dotato di regolare parapetto sul lato corto opposto alla scala;

- modifiche nella procedura di recupero delle scarpe di ancoraggio del wind shield, collocate all'estremità dei solai. Inizialmente la procedura prevedeva che l'operatore, dopo aver delimitato la zona di intervento sul solaio e l'area corrispondente sottostante, saldamente legato con cordino e dissipatore di energia, procedesse al recupero manuale delle scarpe d'ancoraggio, esponendosi quindi al rischio di caduta dall'alto, proteggendosi solamente con un dispositivo di protezione individuale. In fase di realizzazione dell'opera, al fine di eliminare l'esposizione prolungata al rischio di caduta dall'alto dell'operatore, viene introdotto un apparecchio di sollevamento manuale dotato di zavorra con portata massima di 500

kg, che consente di limitare l'intervento dell'operatore al solo aggancio della scarpa all' estremità del sollevatore manuale, riducendo così il rischio residuo;

- modifiche nella modalità di mantenere aperte le casseforme durante le operazioni di posa e legatura del ferro e delle predisposizioni dei tiranti, al fine di evitare schiacciamenti: i contrasti / fermi (in legno o altro materiale) inseriti nella cassaforma, aventi possibilità di rovinare la stessa o rompersi arrecando movimenti improvvisi della massa metallica, sono stati sostituiti da cinghie dotate di dispositivo di fissaggio ancorato allo schermo di protezione perimetrale. Le cinghie (fasce) risultano quindi più sicure ai fini della protezione dal rischio di schiacciamento degli operatori tra le casseforme; tale rischio non può essere eliminato del tutto in quanto alla base del sistema autorampante vi è la sospensione delle casseforme alle putrelle, che potrebbero muoversi a causa del vento, nel caso in cui non fossero saldamente bloccate da fasce posizionate agli angoli della cassaforma;

- standardizzazione delle operazioni di trasporto in quota dei cartongessi (utilizzati per le delimitazioni interne degli spazi dei piani) mediante dotazione di bancali universali per il trasporto in quota dei materiali, con relative procedure operative. Al fine di ridurre il rischio di caduta materiali da movimentazione di carichi sospesi, l'impresa affidataria ha stabilito che, in fase di posa in opera dei cartongessi, a ogni impresa esecutrice che ne necessiti, saranno consegnate "barelle in ferro" e relative procedure standardizzate di utilizzo per il trasporto dei cartongessi in quota; in questo modo non dovrebbe sussistere il rischio determinato da inadeguata imbracatura del carico, carico non idoneo, troppo pesante, ecc … ;

- introduzione di telecamere per facilitare la visione lontana ai gruisti, utile soprattutto in previsione delle condizioni metereologiche avverse del periodo invernale e in funzione delle grandi altezze raggiunte.

Un'ulteriore modifica apportata al sistema delle casseforme autosollevanti è il rinforzo delle mensole perimetrali dei solai e dei piani di carico: tale modifica, è oggetto di particolare attenzione nel presente elaborato di tesi essendo stata introdotta a seguito di sopralluogo da parte dell'organo di vigilanza.

In sede di sopralluogo compiuto presso il cantiere Isozaki dall'UOPSAL Terr. 2 dell' Asl Milano nel mese di Giugno 2013nè stata individuata una inadeguatezza / non conformità che, segnalata all'impresa affidataria, è poi stata ottemperata dalla stessa. La non conformità rilevata consiste nel riscontro di aperture tra le tavole da ponte costituenti il piano di calpestio delle piattaforme di carico e della passerella di servizio del wind shield. Tali mensole, complementari ed integrate al sistema di casseforme auto rampanti, all'atto dell'installazione erano realizzate con tavole da ponte in legno fresco. Esposte agli agenti atmosferici, esiccandosi, hanno perso la loro dimensione originaria, riducendosi e creando delle fessure.

Figura 51, 52: aperture tra le tavole da ponte costituenti il piano di calpestio delle piattaforme di carico.

Figura 53: evidenza delle fessure tra le tavole da ponte che costituiscono la passerella di servizio del wind shield.

Le aperture che si sono formate tra le tavole rendevano possibile la caduta di materiali e piccoli oggetti nella zona sottostante, dove erano in corso i lavori di realizzazione della piastra commerciale.

Durante il sopralluogo si è proceduto a verificare le dimensioni delle fessure di apertura tra due tavole adiacenti (di circa 1 cm) tra le tavole d effettuare misurazioni di tali fessure e dopo aver riscontrato la ricorrenza di circa 1 cm di apertura tra tavole adiacenti e valutato il rischio, considerata la permanenza sulle stesse di lavoratori, è stato prescritto di ottemperare alla non conformità.

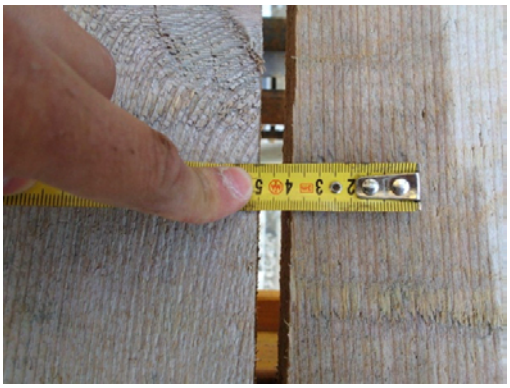


Figura 54: misurazione delle aperture che si sono formate tra le tavole avvalendosi di un metro.

L’impresa affidataria, trattandosi di un intervento di straordinaria manutenzione da effettuare sulle componenti annesse al sistema di casseri auto rampanti, ha trasmesso la non conformità all’impresa costruttrice del sistema, richiedendo un intervento tempestivo. Da un analisi congiunta della problematica da parte dell’impresa e del fornitore, è scaturita la scelta di ricoprire il tavolato con uno strato di materiale resistente e continuo, al fine di impedire la caduta di qualsiasi materiale ed oggetto dall’alto e quindi ridurre l’esposizione a tale rischio nelle zone sottostanti in cui sono in corso altre lavorazioni.

Figura 55 (a destra): copertura del piano di carico con manto continuo, impermeabile e resistente.

Figura 56 (sotto): passerella di servizio del wind shield oggetto dell'intervento di manutenzione con rivestimento delle tavole in legno a compensare le fessure.

7.4 Ricerca dei possibili svantaggi dell'utilizzo del sistema di ripresa autosollevante

Definire il sistema autosollevante "più sicuro" della metodologia di costruzione tradizionale è sicuramente una conclusione azzardata. Ciò che si può affermare è invece che l'utilizzo di questo sistema innovativo di costruzione, non necessitando di mezzi meccanici di sollevamento, comporta una sensibile riduzione dei rischi determinati dalla movimentazione di carichi sospesi e del rischio di caduta di persona dall'alto, prevedendo dispositivi di protezione collettiva integrati nella struttura stessa del cassero. Il limitato impiego della gru va inoltre a ridurre il rischio di potenziali interferenze con lavorazioni in corso nello stesso cantiere e / o nei cantieri attigui.

Per offrire elevate garanzie di sicurezza ai lavoratori, il sistema di casseri auto rampanti presuppone una profonda attenzione e valutazione da parte dell'impresa affidataria circa l'utilizzo dello stesso, con un costante monitoraggio della sequenza produttiva e del sistema, che comporta una vera e propria revisione della "cultura della sicurezza". L'impresa affidataria, le imprese esecutrici e il fornitore del sistema partecipano al continuo processo di valutazione e analisi dei rischi residui, nel tentativo di eliminarli, apportando eventuali migliorie al sistema od adottando accorgimenti procedurali atti ad incrementare il livello di sicurezza degli operatori. Introdurre un sistema di casseforme autosollevanti all'interno di un cantiere significa aver preventivamente ed attentamente studiato e organizzato nel dettaglio le singole lavorazioni, ma soprattutto aver individuato i soggetti da formare e addestrare all'utilizzo, le modalità per raggiungere tale specializzazione e la corretta manutenzione da attuarsi in ogni fase di avanzamento dei lavori.
L'utilizzo in sicurezza del sistema autorampante è il risultato di attente valutazioni e scelte compiute dall'impresa affidataria a priori, prima del'installazione del sistema stesso; se non fosse tutto progettato e studiato nel dettaglio, il mero utilizzo del sistema non sarebbe condizione sufficiente ad offrire elevati standard di sicurezza ai lavoratori, anzi potrebbe arrecare degli svantaggi dal punto di vista della sicurezza e, non di meno, della produzione.

Dalle considerazioni effettuate in fase preliminare, prima della decisione di adottare il sistema autosollevante SKE 100 per la realizzazione dei nodi di circolazione verticale, sono emerse delle criticità che, se non adeguatamente prevenute e affrontate attraverso una puntuale organizzazione e pianificazione degli interventi precedente all'adozione del sistema, avrebbero potuto arrecare svantaggi al funzionamento dello stesso e alla sicurezza dei lavoratori, nonché al risultato finale (manufatto).

Le principali criticità individuate che, se non adeguatamente previste ed affrontate potrebbero arrecare svantaggi in sicurezza e produzione sono:

- necessità di disporre di operatori con adeguata informazione, formazione, addestramento, che non siano dei semplici carpentieri, ma che costituiscano in cantiere una manodopera tecnico – specializzata, attenta e precisa, in possesso di particolari requisiti ed atta ad operare sul sistema;

- manutenzione accurata sugli organi meccanici in movimento da compiersi a cura di personale specializzato e competente, che conosca nel dettaglio le componenti e il funzionamento del sistema e che sia sempre reperibile presso il cantiere. La manutenzione compiuta dal personale specializzato appartenente alla stesa impresa costruttrice va affiancata agli interventi di ordinaria manutenzione per i quali vengono formati gli operatori appartenenti alle squadre specializzate durante il periodo di formazione ed addestramento;

- costanti ed accurati controlli sugli ancoraggi, ossia gli elementi che raccordano il sistema autorampante alle pareti sottostanti. E' necessario compiere, prima e durante ogni fase della sequenza lavorativa, la verifica della resistenza del calcestruzzo e delle componenti di ancoraggio, al fine di evitare eventuali cedimenti o distacchi che comprometterebbero la sicurezza del sistema e la sua efficacia. Attraverso la checklist realizzata dal fornitore del sistema ed adottata dall'impresa, ci si assicura che ogni operazione sia stata svolta nel modo corretto per poter poi procedere con la fase successiva oppure intervenire con azioni correttive per ripristinare le condizioni di sicurezza e di corretto funzionamento;

- pianificazione operativa non casuale di tutte le lavorazioni poiché, a differenza dei normali sistemi di ripresa, è necessario che sia tutto rigidamente standardizzato e studiato al fine di non dover apportare modifiche al sistema, se non come risultato di un'attenta valutazione atta a ridurre i rischi residui. E' necessario che le eventuali modifiche in corso d'opera siano supportate da studi e valutazioni che dimostrino come siano atte ad incrementare la sicurezza, in caso contrario non possono essere adottate, per mantenere la garanzia di sicurezza offerta da un sistema collaudato e standardizzato.

8 CONCLUSIONI

8.1 Ridotta esposizione ad alcuni rischi tipici dell'edilizia tradizionale

Da un'attenta analisi del ciclo delle lavorazioni compiute con l'utilizzo della cassaforma autorampante nelle diverse fasi di lavoro, è risultato evidente che un sistema attentamente progettato, realizzato e utilizzato mediante un processo di analisi e riduzione dei rischi, può garantire un elevato standard di sicurezza ai lavoratori oltre che elevate performance nella produzione.

Avvalersi di un sistema "autorampante" vuol dire innanzitutto ridurre notevolmente l'esposizione ad uno dei rischi maggiori nell'edilizia, la caduta di gravi dall'alto (per scorretta imbracatura in fase di sollevamento e/o traslazione con gru) e la movimentazione di carichi sospesi. Il 200% in meno di occasioni di esposizione al rischio di caduta di gravi e di rischio di essere colpiti dal carico in movimento è un risultato eccezionale.

La presenza di vere e proprie postazioni di lavoro integrate al sistema di casseforme sono tali da ridurre notevolmente anche il rischio di caduta dall'alto degli operatori (causa più frequente di infortuni mortali nel settore delle costruzioni). Le postazioni di lavoro studiate appositamente per la protezione da tale rischio consistenti in dispositivi di protezione collettiva fissi, che non possono essere rimossi o modificati in alcun modo sono il risultato di un'attenta progettazione costantemente integrata dall'alto processo partecipativo di tutti soggetti interessati.

Al termine del lavoro di osservazione e partecipazione al costante processo di valutazione dei rischi, attuato attraverso il metodo precedentemente descritto (studio – sopralluogo – briefing – focus group) si è giunti alla conclusione che nel ciclo produttivo del sistema autorampante i rischi tipici del settore delle costruzioni sono sensibilmente ridotti e in alcune occasioni eliminati.

L'adozione presso il cantiere della metodologia costruttiva autosollevante è giustificata tanto dall'efficacia produttiva quanto dalla sicurezza che viene garantita ai lavoratori in tutte le fasi di realizzazione dell'edificio: a fronte di un ingegnerizzazione della produzione edile con indubbi vantaggi dal punto di vista del

risparmio temporale e quindi economico, corrisponde un interessante accrescimento delle misure di sicurezza dei lavoratori. I due aspetti sono pertanto complementari tra loro. I dati infortunasti del cantiere anche se non sono direttamente confrontabili con gli indici pubblicati dalle banche dati nazionali, sono così distanti per difetto che risultano comunque interessanti. Essi infatti fotografano un situazione lavorativa mirata ad un complesso che integra in modo coerente nel processo di prevenzione le condizioni tecniche con l'organizzazione del lavoro e la formazione.

8.2 Produzione: tempi e costi

L' attenta analisi della tipologia di intervento da realizzare ha condotto alla scelta di utilizzo del sistema autosollevante in parallelo, che è risultato il più consono, tra i metodi disponibili, sia per esigenze strutturali della costruzione, sia per i tempi di realizzazione, ma soprattutto per le garanzie di sicurezza offerte ai lavoratori.
Diversi sono i fattori che rendono altamente produttivo il sistema di costruzione utilizzato per la Torre Isozaki: l'utilizzo di cementi speciali, che in breve tempo permettono di raggiungere una consistenza tale da sorreggere il sistema autorampante, l'utilizzo di manodopera altamente specializzata e formata e, non ultima, una attenta pianificazione delle fasi lavorative. Questo ha permesso di raggiungere l'obiettivo di realizzare un piano a settimana (Allegato I del presente elaborato), superando la previsione fatta in fase progettuale (Allegato II del presente elaborato) dove si stimava la realizzazione di un piano ogni otto giorni lavorativi. Pertanto il tempo impiegato per la progettazione, la messa in opera ed il collaudo viene ampiamente recuperato nella fase di produzione a regime. Il rapporto costo/benefici è risultato straordinario sia a favore dei benefici produttivi che in relazione alla tutela della salute e della sicurezza.

8.3 Sodalizio produttività / sicurezza

Al termine dell'esperienza effettuata presso il cantiere Isozaki, finalizzata all'osservazione, allo studio e alla valutazione in termini di sicurezza del metodo di costruzione autorampante, si può affermare che nel cantiere in oggetto vi sia un sodalizio tra produttività e sicurezza.

La ricerca di contrarre i tempi di produzione del manufatto è stata sempre accompagnata da una costante attenzione verso la sicurezza e la salute degli operatori.

L'utilizzo di questo sistema innovativo di costruzione, che ha garantito allo stesso modo una grande efficacia nella produttività e un elevato livello di sicurezza, è risultando quindi vantaggioso, relativamente all'opera da realizzare, rispetto ad ogni altro metodo di costruzione fino ad oggi conosciuto.

Si può in conclusione affermare che è possibile accompagnare alla ricerca di metodi e materiali che riducono i costi di produzione, una rilevante attuazione dei principi cui si ispira la normativa prevenzionale.

I costi per la sicurezza possono diventare un risorsa importante con ricadute positive anche sulla produttività.

ALLEGATI

Allegato I: programma settimanale delle lavorazioni per la realizzazione di un piano, che interessa 6 giorni lavorativi.

LOCALIZZAZIONE ATTIVITA'	DATA PROGRAMMATA	DESCRIZIONE ATTIVITA'
Nord	29-lug	getto core e panoramico da Q 196,18 a 200,08 3 persone squadra specializzata (s.p.)
Sud	29-lug	posa ferro solaio q.196,18 8 persone s.p.
Sud	29-lug	posa ferro core e panoramico da q. 196,18 a 200,08 12 persone s.p.
Centrale	29-lug	getto pilastri da q.196,18 a 200,08 2 persone s.p.
Nord	29-lug	muri in blocchi zona solette in seconda fase
Sud	30-lug	getto solaio q. 196,18 2 persone s.p.
Nord	30-lug	casseratura solaio q. 200,08 8 persone s.p.
Centrale	30-lug	getto pilastri da q. 196,18 a 200,08 2 persone s.p.
Nord	30-lug	posa rampe scale e getto 3 persone s.p.
Nord	30-lug	muri in blocchi zona solette in seconda fase
Nord	31-lug	casseratura solaio q.200,08 8 persone s.p.
Sud	31-lug	getto pilastri da q.196,18 a 200,08 2 persone s.p.
Sud	31-lug	getto core e panoramico da Q 196,18 a 200,08 3 persone s.p.
Nord	31-lug	muri in blocchi zona solette in seconda fase
Sud	01-ago	casseratura solaio q. 200,08 8 persone s.p.
Nord	01-ago	posa ferro solaio q. 200,08 8 persone s.p.
Nord	01-ago	muri in blocchi zona solette in seconda fase
Sud	02-ago	casseratura solaio q. 200,08 8 persone s.p.
Nord	02-ago	posa ferro solaio q. 200,08 8 persone s.p.
Nord	02-ago	posa ferro core e panoramico da q. 200,08 a 203,98 12 persone s.p.
Sud	02-ago	posa rampe scale e getto 3 persone s.p.
Nord	02-ago	muri in blocchi zona solette in seconda fase
Nord	03-ago	getto solaio q. 200,08 2 persone s.p.

Allegato II: **programma del ciclo delle lavorazioni pensato in fase puramente progettuale.**

BIBLIOGRAFIA

- Testo Unico in materia di Salute e Sicurezza sul Lavoro, D. Lgs. 81/2008;

- Direttiva Macchine 2006 / 42 / CE;

- Nota interregionale "casseforme rampanti", Regione Emilia Romagna e Toscana, anno 2010;

- Norme ISO – 14001: 2004; 18001:2007; 9001:2008;

- Ambiente e sicurezza, "Lavoro Sicuro", Gruppo 24 ore, Settembre /Ottobre 2009;

- Quaderni di sicurezza Doka: "Sistemi di casseratura per pareti e per solai"; "sicurezza per il vostro cantiere"; "getti contro terra e sistemi rampanti";

- Piano di Sicurezza e Coordinamento "cantiere Torre Isozaki TcA";

- Piano di coordinamento gru "cantiere Torre Isozaki TcA";

- Piano di sicurezza e coordinamento "riqualificazione quartiere storico di fiera Milano);

- Piano Operativo di Sicurezza impresa Colombo Costruzioni e altre imprese affidatarie;

- Procedure operative per il corretto impiego "cassaforma autorampante SKE 100 nuclei e vani ascensori" e "schermo di protezione perimetrale";

- Manuale di uso e manutenzione del sistema rilasciato dal costruttore;

- Flussi informativi INAIL – ISPESL.

SITOGRAFIA

www. colombo-costruzioni.it

www.city-life.it

www.doka.com

www.ispesl.it

www.inail.it

www.edilportale.com

www. Skyscrapercity.com

www.edilizianews.it

www.infobuild.it

www.ambientesicurezza.ilsole24ore.com

www.puntosicuro.it